

# Desarrollo e implementación de un modelo de simulación para la mejora del Servicio de Urgencias



Máster Universitario en  
Ingeniería Industrial

Trabajo Fin de Máster

Marta Cildoz Esquíroz

Director: Fermín Mallor Giménez

Codirector: Cristina Azcárate Camio

Pamplona, 1 de julio de 2016

## **SIMULATION MODEL DEVELOPMENT OF THE HOSPITAL OF NAVARRE EMERGENCY DEPARTMENT**

Since the new Emergency Department of the Hospital of Navarre was built (which has 3.500 square meters of facilities that serve a population of half a million people), it emerged the need to enhance the system performance by shortening the length of stay, improving patient satisfaction and reducing physicians' work overload.

As part of a larger project, it is studied how to avoid disparities between physicians in the mild patients' circuit (A). At the present time, patients in triage are assigned to physicians cyclically as they arrive to the Emergency Department which facilitates the triage nurses decision making although it leads to an imbalanced workload of the physicians.

Our approach consider the development of a discrete-event simulation model that takes into account an accurate description of patient flow, medical and nurse procedures, and characteristics of patient (health status, seasonal patterns of arrivals, etc.). The model parameters calibration and estimation is based on a thorough analysis of real historical data associated to this new department (more than 120.000 patient cases during its first operating year).

By using this mathematical model, we compare the actual patient-physicians assignment policy with other assignment rules proposed by the medical teams who work in the new Hospital of Navarre Emergency Department (and also by the author) with the aim of balancing physicians' workload and reducing patients waiting time.

### **KEY WORDS**

Emergency department

Discrete-event simulation

Physician workload balancing

Patient-physician assignment

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	11
2. JUSTIFICACIÓN.....	14
3. METODOLOGÍA.....	16
4. SERVICIO DE URGENCIAS GENERAL DEL COMPLEJO HOSPITALARIO DE NAVARRA.....	23
5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN .....	27
5.1 MODELADO ESTRUCTURAL .....	27
5.1.1 ELEMENTOS IMPORTANTES .....	27
5.1.2 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LA ASISTENCIA: FLUJO DE PACIENTES.....	37
Acceso a urgencias .....	37
Admisión.....	38
Triaje.....	38
Destino tras triaje.....	41
5.1.3 FLUJO DE PACIENTES EN EL CIRCUITO A .....	47
5.1.4 GESTIÓN DEL FLUJO .....	51
5.2 MODELADO CUANTITATIVO.....	53
5.2.1 DATOS DISPONIBLES PARA EL MODELADO .....	53
5.2.2 RECOGIDA DE INFORMACIÓN “IN SITU” .....	54
5.2.3 PATRÓN DE LLEGADAS DE LOS PACIENTES .....	57
Introducción .....	57
Análisis de las llegadas por prioridades .....	63
PRIORIDAD 1. Conclusiones del análisis estadístico (ANEXO 1).....	63
PRIORIDAD 2. Conclusiones del análisis estadístico.....	64
PRIORIDAD 3. Conclusiones del análisis estadístico (ANEXO 1).....	66
PRIORIDAD 4. Conclusiones del análisis estadístico (ANEXO 1).....	68
PRIORIDAD 5. Conclusiones del análisis estadístico.....	69
Conclusión .....	71
5.2.4 PROBABILIDADES DE RAMIFICACIÓN.....	71
5.2.5 TIEMPOS DE INTERCONSULTAS Y PRUEBAS COMPLEMENTARIAS.....	79
6. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN DEL CIRCUITO A.....	87
6.1 ELEMENTOS CONSIDERADOS EN EL MODELO DE SIMULACIÓN .....	87

Asignación de los pacientes a los médicos del circuito .....	87
Gestión de las colas de los pacientes asignados a un mismo médico. ....	88
Disponibilidad de médicos dentro del circuito de urgencias en cada turno y capacidad de los mismos. ....	89
Disponibilidad de consultas para atención al paciente. ....	90
6.2 PROGRAMACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA.....	91
Generación llegadas, triaje y asignación de destino dentro del servicio. ....	93
Posible etapa de Rx solicitados desde triaje.....	97
Espera visitas del médico y gestión de colas .....	97
Adjudicación de consulta .....	102
Actualización de pacientes en caso de reducción del número de consultas activas en el circuito.....	104
Recogida de información.....	105
6.3 ANIMACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EN 3D .....	108
Animación en 2d (“dashboard”).....	108
Animación en 3d.....	109
7. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO .....	112
7.1 VERIFICACIÓN.....	112
7.2 VALIDACIÓN .....	116
8. ANÁLISIS DE ASIGNACIÓN DE PACIENTES A LOS MÉDICOS DEL CIRCUITO ASISTENCIAL.....	121
8.1 GESTIÓN .....	121
Gestión actual .....	121
Gestión alternativa.....	123
8.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....	126
8.3 RESULTADOS .....	127
8.4 CONCLUSIÓN DE LOS RESULTADOS. ....	131
9. CONCLUSIONES DEL PROYECTO .....	132
10. TRABAJO EN CURSO .....	133
11. BIBLIOGRAFÍA.....	134
12. ANEXOS .....	135
ANEXO 1. Análisis del patrón de llegadas. ....	136
ANEXO 2. Manual Arena. ....	203
ANEXO 3. Ficheros.....	211
ANEXO 4. Análisis de datos recogidos en triaje. ....	218



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proporción de pacientes que utiliza el servicio por edad.....	26
Tabla 2. Distribuciones de tiempos en triaje.....	55
Tabla 3. Flujo de pacientes de prioridad 4 en los diferentes itinerarios dentro del sistema.....	77
Tabla 4. Flujo de pacientes de prioridad 3 y 5 en los diferentes itinerarios dentro del sistema. ...	78
Tabla 5. Interconsultas solicitadas a pacientes de prioridad 4. ....	80
Tabla 6. Distribuciones ajustadas de los tiempos de pruebas complementarias e interconsultas	86
Tabla 7. Número y tipo de médicos por turno. ....	90
Tabla 8. p-valor del estadístico de contraste para verificación tasa de llegadas simulada e histórica.....	115
Tabla 9. Verificación porcentajes por por tipo de triaje de prioirdad 3.....	115
Tabla 10. Verificación porcentajes por por itinerario dentro de tipo de tirpo 2 de la prioirdad 3 .....	116
Tabla 11. Desviación típica del número de pacientes asignados por cada gravedad a caad médico en un mismo turno. ....	129
Tabla 12. Comparativa de la esperanza del rango en el número de pacientes asignados a cada médico en un mismo turno. ....	130
Tabla 13. Desviación típica de la asignación de carga total a los diferentes médicos durante su turno.....	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pasos es el estudio de simulación. ....	17
Figura 2. Vista área del CHN, incluido en nuevo edificio de urgencias. ....	23
Figura 3. Mapa de situación del edificio de urgencias dentro del Complejo Hospitalario .....	24
Figura 4. Zonificación Navarra. ....	25
Figura 6. Población Navarra atendida por área[4] .....	25
Figura 7. Histograma población potencial del servicio de urgencias y población que hizo uso del mismo.....	25
Figura 8. Proporción de utilización del servicio por edad. ....	26
Figura 9. Plano planta baja urgencias. ....	28
Figura 10. Planta baja urgencias con descripción de instalaciones. ....	29
Figura 11. Sala de boxes polivalentes (SBP). ....	30
Figura 12. Sala de Reanimación (REA).....	31
Figura 13. Puesto número 1 de los 6 existentes para atención de pacientes en la sala de REA. ..	31
Figura 14. Plano de las consultas de la planta baja de urgencias. (Circuito A, B, y salas de especialistas). ....	32
Figura 15. Consultas MXL y OFT de especialidad. ....	33
Figura 16. Consulta estándar.....	33
Figura 17. Plano del sótano. ....	34
Figura 18. Zona de recursos para realización de pruebas en el sótano. ....	34
Figura 19. Planta primera del edificio de urgencias: observación. ....	35
Figura 20. Límites del modelo de simulación.....	36
Figura 21. Accesos al edificio de urgencias. ....	37
Figura 22. Ficha de motivo de visita en triaje para obtención de la prioridad. ....	38
Figura 23. Flujo de entrada al sistema. ....	40
Figura 24. Diagrama de flujo de pacientes desde la entrada hasta triaje.....	42
Figura 25. Diagrama de flujo desde triaje hasta la consulta del circuito asistencial asignado. ....	43
Figura 26. Flujo general de pacientes dentro del circuito asistencial. ....	44
Figura 27. Flujo de pacientes desde la entrada hasta la primera consulta del circuito A.....	48
Figura 28. Itinerarios posibles dentro de la asignación del circuito A. ....	49
Figura 29. Pasillo del circuito A. ....	50
Figura 30. Gestión del flujo desde triaje por parte de las enfermeras .....	51
Figura 31. Gestión que el médico realiza de sus pacientes asignados.....	52
Figura 32. Ajuste de distribución de triaje 1 y 2 sin realización de ECG al paciente.....	55
Figura 33. Plantilla de recogida de datos de tiempo en consulta. ....	56
Figura 34. Tiempo entre llegadas del total de los datos. ....	57
Figura 35. Tiempo entre llegadas producidas entre las 14:00 y las 15:00. ....	58
Figura 36. Tiempo entre llegadas producidas entre las 11:00 y las 12:00. ....	58
Figura 37. Tiempo entre llegadas producidas entre las 3:00 y las 4:00. ....	59
Figura 38. Histograma de llegadas a lo largo del día en función de las prioridades. ....	60
Figura 39. Llegada de pacientes por hora, durante el año 2015, clasificadas por prioridad. ....	60
Figura 40. Media de edad por hora del día. ....	61
Figura 41. Pacientes a lo largo del día por rango de edad. ....	62

Figura 66. Intervalos de confianza de la tasa de llegadas de prioridad 2 a lo largo de los meses.	65
Figura 67. Influencia días de la semana en el período enero-septiembre en la primera gráfica, y en el período octubre-diciembre en la segunda.	65
Figura 68. Intervalos de confianza de la tasa de llegadas de prioridad 3 a lo largo de los tipos de días.	67
Figura 69. Intervalos de confianza para la tasa de llegadas por hora de la prioridad 3 dentro de los días laborables.	67
Figura 70. Número medio de llegadas por día del mes de pacientes de prioridad 4.	68
Figura 71. Número medio de llegadas por día del mes de pacientes de prioridad 4.	70
Figura 72. Tiempo transcurrido desde triaje hasta la solicitud de Rx.	72
Figura 73. Corrección en la base de datos de la característica "RxAfterTriage"	72
Figura 74. Cross-tabulation: tipo de triaje.	73
Figura 75. Ramificación flujo de pacientes de prioridad 4 dentro del sistema.	74
Figura 76. Ramificación de pacientes de prioridad 4 que han sido triados según el triaje tipo 1 (realización de ECG).	75
Figura 77. Ramificación de pacientes de prioridad 4 que han sido triados según el triaje tipo 2 (sin realización de ECG ni solicitud de Rx directa).	75
Figura 78. Ramificación de pacientes de prioridad 4 que han sido triados según el triaje tipo 2 (sin realización de ECG con solicitud de Rx directa).	76
Figura 79. Distribuciones de probabilidad de los tiempos de espera y servicio de interconsultas para prioridad 4.	80
Figura 80. ANOVA para agrupación de interconsultas con medias de tiempo de espera y servicio.	82
Figura 81. Análisis de varianza dentro los miembros de un mismo grupo anteriormente formado	83
Figura 82. Probability Plot de la distribución de probabilidad del grupo 2 de interconsultas.	84
Figura 83. Probability Plot del tiempo de interconsultas del grupo 2 ajustado a una distribución Weibull	84
Figura 84. Asignación de pacientes a los médicos del circuito asistencial.	88
Figura 85. Esquema lógico del modelo.	91
Figura 86. Descripción de los bloques programados del modelo de simulación.	92
Figura 87. Bloque generación ed llegadas completo.	93
Figura 88. Creación de pacientes y asignación de atributos.	93
Figura 89. Implementación tasa de llegadas de los pacientes.	94
Figura 90. Asignación de atributos inicial.	94
Figura 91. Etiquetado de ls característica de los procesos que seguirá el paciente en función del itinerario que vaya a realizar.	95
Figura 92. Asignación de pruebas y tiempos las mismas en función del flujo que sigue el paciente.	95
Figura 93. Asignación de interconsultas y tiempos de las mismas en función del flujo que sigue.	96
Figura 94. Realización de Rx desde triaje.	97
Figura 95. Colas que gestiona cada médico para primera y segunda consulta de los pacientes.	97
Figura 96. Módulo para gestión de pacientes de una misma cola. Segundas consultas.	98

Figura 97.Figura 42. Módulo para gestión de pacientes de una misma cola. Pacientes que han superado límite de tiempo de espera. ....	99
Figura 98. Control de tiempo de espera del paciente hasta su primera visita, y traslado en caso de superación del límite. ....	100
Figura 99. Prioridad de las colas de un mismo médico. Gestión por parte del médico. ....	101
Figura 100. Espera a disponibilidad de consulta y ocupación de la misma. ....	102
Figura 101. Posible extensión del tiempo en consulta. ....	103
Figura 102. Destino del paciente tras la primera consulta. ....	104
Figura 103. Reasignación pacientes fin de turno. ....	105
Figura 104. Bloque para recogida de datos. ....	106
Figura 105. Animación 2D para el control de estado de recursos, carga de trabajo etc. ....	108
Figura 106. Introducción módulos de movimiento. ....	109
Figura 107. Modelo 3D del edificio de urgencias simulado. ....	110
Figura 108. Diseño de entidad de paciente con autonomía reducida. ....	111
Figura 109. Diseño de entidad de pacientes en camilla. ....	111
Figura 110. Comparación medias de los datos simulados e históricos. ....	113
Figura 111. Test de igualdad de varianzas. ....	114
Figura 112. Representación gráfica tabla 4. ....	115
Figura 113. Representación gráfica tabla 6. ....	116
Figura 114. Nivel máximo de pacientes en el sistema. ....	117
Figura 115. Distribución de tiempo con datos simulados y con históricos. ....	118
Figura 116. Test de equivalencia datos simulados-históricos. ....	119
Figura 117. Representación gráfica del intervalo de confianza del test de equivalencia. ....	119
Figura 118. Gráfica de cajas de datos simulados e históricos. ....	120
Figura 119. Panel de triaje en un instante del día 6 de mayo de 2016. ....	122
Figura 120. Asignación pacientes durante el paeríodo mostrado en Figura 54. ....	123
Figura 121. Alternativa de gestión de la asignación de pacientes. ....	124
Figura 122. Programación de la alternativa de gestión en arena. ....	125
Figura 123. Técnica de reducción de varianza implementada en arena. ....	127
Figura 124. Proporción de pacientes que han superado el límite de espera de su prioridad. ....	127
Figura 125. Tiempos de espera gestión actual. ....	128
Figura 126.Tiempos de espera alternativa 1. ....	128
Figura 1. Tasa media de llegadas por mes del año de la prioridad1. ....	137
Figura 2. Tasa media de llegadas por día del mes de los pacientes de prioridad 1. ....	138
Figura 3.Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 1 en función del mes. ....	138
Figura 4. Tasa de llegadas por mes, prioridad 1. ....	139
Figura 5. Intervalo de confianza tasa de llegadas por mes, prioridad 1. ....	139
Figura 6. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del mes. ....	140
Figura 7. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 1 en función del día del mes. ....	141
Figura 8.Tasa de llegadas por día dentro del mes, prioridad 1. ....	141
Figura 9. Intervalo de confianza tasa de llegadas por día dentro del mes, prioridad 1. ....	142
Figura 10. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del día del mes. ....	142
Figura 11. Tasa media de llegadas por día de la semana de la prioridad1. ....	143
Figura 12.Tasa media de llegadas por tipo de día de la prioridad1. ....	144

Figura 13. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 1 en función del día de la semana. ....	144
Figura 14. Tasa de llegadas por día de la semana, prioridad 1. ....	145
Figura 15. 1. Intervalo de confianza tasa de llegadas por día de la semana, prioridad 1. ....	145
Figura 16. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del día de la semana. ....	146
Figura 17. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 1 en función del tipo de día. ....	147
Figura 18. Tasa de llegadas por tipo de día, prioridad 1. ....	147
Figura 19. Intervalo de confianza tasa de llegadas por tipo de día, prioridad 1. ....	148
Figura 20. Gráfica de valores individuales de la frecuencia de llegadas de pacientes de prioridad 1 en función de la hora del día. ....	149
Figura 21. Gráfica de intervalos de confianza de la frecuencia de llegadas de pacientes de prioridad 1 en función de la hora del día. ....	149
Figura 22. Salida Minitab contraste de hipótesis de igualdad de medias de la tasa de llegada en función de la hora para pacientes de prioridad 1. ....	150
Figura 23. Salida Minitab cálculo de tasas de llegada media de pacientes de prioridad 1 a lo largo del día. ....	150
Figura 24. Factor de llegadas de pacientes de PRIORIDAD 1. ....	152
Figura 25. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del día de la semana. ....	152
Figura 26. Representación conteo número de llegadas por mes del archivo "Prioridad3_LlegadasPacientes" de Minitab. ....	153
Figura 27. Representación conteo número de llegadas por día del mes del archivo "Prioridad3_LlegadasPacientes" de Minitab. ....	154
Figura 28. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 3 en función del mes. ....	154
Figura 29. Intervalo de confianza tasa de llegadas por mes, prioridad 3. ....	155
Figura 30. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del mes. ....	156
Figura 31. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 3 en función del día del mes. ....	156
Figura 32. Tasa de llegadas por día dentro del mes, prioridad 3. ....	157
Figura 33. Intervalo de confianza tasa de llegadas por día dentro del mes, prioridad 3. ....	157
Figura 34. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del día del mes. ....	158
Figura 35. Representación conteo número de llegadas por día de la semana del archivo "Prioridad3_LlegadasPacientes" de Minitab. ....	159
Figura 36. Representación conteo por tipo de día del archivo "Prioridad3_LlegadasPacientes" de Minitab. ....	159
Figura 37. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 3 en función del día de la semana. ....	160
Figura 38. 1. Intervalo de confianza tasa de llegadas por día de la semana, prioridad 3. ....	161
Figura 39. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del día de la semana. ....	162
Figura 40. Figura 17. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 3 en función del tipo de día. ....	163
Figura 41. Tasa de llegadas por tipo de día, prioridad 3. ....	164
Figura 42. Intervalo de confianza tasa de llegadas por tipo de día, prioridad 3. ....	164
Figura 43. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 3 en función de la hora del día. ....	166

Figura 44. Evolución tasa de llegadas a lo largo del día de prioridad 3. ....	167
Figura 19. Intervalo de confianza tasa de llegadas por tipo de día, prioridad 3. ....	169
Figura 45. Intervalos de confianza de la tasa de llegadas de prioridad 3 a lo largo de los tipos de días. ....	176
Figura 46. Intervalos de confianza para la tasa de llegadas por hora de la prioridad 3 dentro de los días laborables. ....	176

# 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente trabajo fin de máster se enmarca en el proyecto de investigación “Desarrollo de modelos de mejora de la eficiencia del sistema sanitario público. Aplicación al servicio de urgencias hospitalarias del Complejo Hospitalario de Navarra”. Su objetivo es proporcionar instrumentos y metodologías para mejorar la eficiencia organizativa en la atención a las urgencias hospitalarias en general, con aplicación específica al Complejo Hospitalario de Navarra. La consecución de este objetivo se acomete mediante el desarrollo de un modelo de simulación que permite reproducir sobre el ordenador el comportamiento del servicio de urgencias, con una precisión suficiente para proporcionar información relevante sobre el mismo, que se utiliza para la toma de decisiones concernientes a su dimensionamiento y gestión.

Los servicios de urgencias trabajan todos los días del año ininterrumpidamente, proporcionando atención inmediata a los pacientes que llegan de forma aleatoria. El funcionamiento de estas unidades se caracteriza por su alta complejidad al atender pacientes con una gran variedad de enfermedades y con diferentes niveles de gravedad. Todos los servicios de urgencias tienen elementos comunes como son los pacientes, los recursos materiales y humanos (médicos, enfermeras, administrativos, celadores, camas, RX, salas de reanimación, etc.) y los procesos (triaje, admisión, técnicas, etc.). La complejidad y la incertidumbre propia de estos procesos conducen a diferentes problemas, como unos tiempos de espera excesivos, un uso ineficiente de los recursos, desequilibrios en los horarios del personal médico, etc.

Dada la gran variedad de factores que intervienen en este servicio, el modelo de simulación obtenido se ha implementado para obtener una herramienta informática que dé soporte a la toma de decisiones de los responsables hospitalarios relativas a la dotación adecuada de recursos humanos y materiales de urgencias. En el presente proyecto, se ha empleado el modelo para contrastar diferentes estrategias de gestión de la asignación de pacientes a los médicos realizada por las enfermeras de triaje con el fin de reducir la variabilidad de la carga de trabajo de los médicos.

De este modo, el modelo de simulación sirve como punto de partida para la elaboración de intervenciones para mejorar la atención a los pacientes que acuden al servicio de urgencias. Para alcanzar estos objetivos, se ha precisado de la cooperación interdisciplinar con expertos en el funcionamiento y en la gestión del servicio de urgencias (de perfil no técnico-matemático), que ha facilitado la identificación de los elementos relevantes del servicio de urgencias, de su entorno hospitalario y social sobre los que se fundamenta el desarrollo del modelo de simulación.

Estos elementos, junto con su lógica de funcionamiento e interrelaciones, se representan matemáticamente tras la identificación de parámetros aleatorios y distribuciones estadísticas que describen la aleatoriedad que condiciona la evolución del servicio de urgencias.

Por tanto, una etapa importante ha sido el análisis de los datos registrados en el hospital sobre el flujo de pacientes en urgencias con una muestra de más de 120.000 pacientes que han sido atendidos por el personal de urgencias a lo largo del año 2015. En particular, se ha obtenido el

patrón estadístico de la llegada de pacientes, distinguiendo por tipos de pacientes, según características como gravedad, etc., que influyen en su trayectoria por el servicio de urgencias y en la duración de su atención. También se han estimado modelos estadísticos que describen los tiempos de atención en triaje, consultas, pruebas internas y externas, elementos móviles, traslados, etc., en el circuito asistencial A. Para ello se han empleado datos históricos de diferentes fichas de la historia clínica como tiempo de llegada, tiempo de atención, tiempo de salida del servicio, tiempo de las peticiones de pruebas complementarias (fuera del servicio) o interconsultas, intentando así realizar una trazabilidad del recorrido del paciente lo más exhaustiva posible. También se ha realizado varios días de toma de datos en el propio servicio de urgencias de forma presencial para contar con datos reales y actuales y visualizar “in situ” las distintas fases por las que atraviesa un paciente desde que entra en urgencias hasta que se le da una solución a su situación, lo que ha permitido valorar mejor y tener más criterio personal a la hora de realizar el trabajo

ARENA ha sido el programa de simulación empleado, que permite experimentar con el modelo de simulación para dar respuesta a problemas planteados acerca del dimensionamiento y la gestión del servicio de urgencias. Se podrá emplear el modelo diseñado para evaluar y comparar distintos escenarios, realizar análisis de sensibilidad y de optimización.

La ejecución del proyecto consta de una serie de etapas principales:

### ***1ª Construcción del modelo de simulación:***

Descripción del sistema real que se desea estudiar. Se ha tomado como modelo el servicio de urgencias del Complejo Hospitalario de Navarra, para el cual se han aplicado los resultados. Se ha descrito el flujo de pacientes en el servicio: triaje, registro administrativo, asignación de camas, evaluación clínica, tratamientos, pruebas diagnósticas, laboratorios y proceso de transferencia a otras unidades o de alta.

Para ello se han determinado los elementos importantes del servicio de urgencias que deben ser incluidos en el modelo matemático, a partir de los cuales se diseña la estructura del modelo de simulación, se han depurado las bases de datos que han sido analizadas con el fin de obtener modelos estadísticos representativos del patrón de llegadas de los pacientes, tiempos de tención en triaje, etc.

### ***2ª Implementación y validación del modelo de simulación.***

La implementación informática del modelo se ha realizado utilizando el programa de simulación ARENA, con su correspondiente verificación y validación del modelo de simulación mediante la opinión de los expertos sobre los datos suministrados por la simulación y la comparación de estos datos con los históricos.

También se ha realizado el diseño del modelo de simulación en 3D para una representación más completa y realista del sistema de urgencias y facilitar su validación.



### **3ª Utilización del modelo de simulación.**

Se ha realizado experimentación con el modelo para contrastar distintas políticas de gestión de la asignación de los pacientes a los médicos del circuito asistencial A. El objetivo del análisis es reducir la variabilidad en la carga de trabajo de los médicos sin empeorar la calidad de la atención al paciente.

El análisis estadístico de los resultados demuestra que existen alternativas a la asignación actual de pacientes a los equipos médicos que consiguen reducir la variabilidad en la carga de su trabajo. Por tanto, queda patente la utilidad del modelo como soporte para la valoración de estrategias encaminadas a la mejora de la calidad y eficiencia del servicio de Urgencias. Este primer ejercicio exitoso de optimización incentiva la ampliación del modelo de simulación y su utilización para el análisis de otros problemas relacionados con la gestión y dimensionamiento del Servicio de Urgencias.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El funcionamiento del nuevo servicio de urgencias del CHN está de plena actualidad. El Gobierno de Navarra decidió llevar a cabo un ambicioso proyecto de 21,3 millones de euros que unificase las urgencias para adultos en el Complejo Hospitalario de Navarra. A partir del día 8 de octubre de 2014, toda la atención sanitaria de urgencias para adultos en el Complejo Hospitalario de Navarra se realiza en el nuevo edificio construido en el recinto del antiguo Hospital de Navarra. Las nuevas instalaciones están ubicadas junto al actual servicio de Urgencias del Hospital de Navarra. Ocupan el sótano, planta baja y primera planta del edificio, que dispone asimismo de un helipuerto en la azotea.

El 14 de octubre de 2014, transcurridos siete días desde la inauguración del nuevo edificio comienzan a aparecer en prensa diversas noticias que se hacen eco del mal funcionamiento del mismo: saturación en el triaje y como consecuencia sala de espera llena. Todos los sindicatos consultados coinciden en destacar su “saturación”. Falta de personal, agobio, estrés, sensación de impotencia ante “la imposibilidad de hacer bien su trabajo”, falta de celadores, así como diversas deficiencias que, como un goteo, recogen los sindicatos del Complejo Hospitalario de Navarra del propio personal sanitario. Estas son algunas de las descripciones que los sindicatos hacen del día a día de esta primera semana en Urgencias.

Pasadas las primeras semanas de adaptación del personal a las nuevas instalaciones, los problemas reseñados anteriormente no terminan de desaparecer. Al contrario, el asunto se convierte en un tema recurrente que preocupa a todos los sectores de la población y que aparece de forma periódica en los medios de comunicación: 26 de enero de 2015, tras los primeros 100 días de funcionamiento el personal del servicio se dirige en una carta a la prensa para destacar también errores organizativos en el servicio. Sucesivamente aparecen de forma regular noticias referentes al mal funcionamiento del servicio: 23 de marzo de 2015 integrantes de la plantilla de Urgencias de diferentes estamentos recogen en un dossier de 20 páginas la falta de organización, recursos y unificación de criterios. En este largo listado, estos representantes de la plantilla recogen también puntos positivos. Por ejemplo, el diseño de la zona de reanimación en la que se atiende a pacientes con gravedad máxima; el funcionamiento de los circuitos de atención de los pacientes, que sería el adecuado si no fuera por la falta de personal; o **el sistema “impecable” de actuación ante ingresos urgentes**. Con todo, el informe presentado es crítico con la planificación realizada, la falta de protocolos de comunicación, la necesidad de material y de personal, así como con el exceso de tiempos de espera.

Nuevas reseñas en prensa con fecha 19 y 20 de agosto de 2015, 17 de mayo de 2016, 02 de junio de 2016 hacen alusión al mismo tema de forma negativa. A esto hay que añadir diversas cartas de varios usuarios de este servicio a los diferentes periódicos, contando su mala experiencia en urgencias. Todo esto ha creado un gran interés social, pero sobre todo ha puesto de manifiesto la necesidad de buscar soluciones que persigan la mejora del servicio, sacando provecho de unas instalaciones nuevas que han requerido una fuerte inversión económica. Así, esta controversia sobre la organización, dotación y funcionamiento del servicio motiva la realización de este estudio, con el fin de crear un modelo que, sobre el ordenador, refleje el

funcionamiento del Servicio y que permita contrastar las distintas soluciones aportadas por los diferentes agentes implicados. El objetivo primordial que se persigue es la mejora del Servicio de Urgencias, mediante su análisis cuantitativo, que revierta en todos los ciudadanos.

La ejecución exitosa del proyecto tendrá un impacto sobre la salud de los pacientes. La obtención de estrategias para un uso eficiente de los recursos materiales y humanos repercute en la disminución de los tiempos de espera de los pacientes. Asimismo, la identificación de políticas eficientes afecta a la carga de trabajo del personal sanitario y en consecuencia a la seguridad de los pacientes.

La mejora de la carga asistencial permite una asistencia de mayor calidad, mejorando el grado de satisfacción general de los usuarios.

También, el impacto económico es evidente. En la gestión de los servicios sanitarios es fundamental planificar la adecuación de los recursos a las necesidades actuales o futuras. La población beneficiaria del proyecto es potencialmente toda la población. Cualquier persona es susceptible de necesitar una atención en el servicio de urgencias. El modelo de simulación se construye a partir de datos y de la información proporcionada por profesionales del servicio de urgencias del Complejo Hospitalario de Navarra. Sin embargo, la metodología de análisis desarrollada podría ser adaptada para el análisis de otros servicios de urgencias.

El uso de métodos de la Investigación Operativa para el análisis de servicios de salud es habitual en los principales países de Europa Occidental (Reino Unido, Alemania, Holanda,...). En España la colaboración entre gestores de la sanidad y profesionales de la Investigación Operativa es prácticamente inexistente. El desarrollo de estudios como los incluidos en esta memoria favorece la introducción de esta nueva metodología para el análisis y la mejora de la organización y gestión de los servicios sanitarios en Navarra, incentivando así el interés de los profesionales sanitarios por investigar en la mejora del servicio que prestan.

### 3. METODOLOGÍA

En este apartado se introducen las principales herramientas y técnicas matemáticas que se utilizarán para la construcción del modelo de simulación y para el análisis de sus resultados. Entre éstas cabe citar la simulación de eventos discretos, distribuciones de probabilidad, teoría de colas, ajuste de distribuciones de probabilidad, análisis de la varianza, etc.

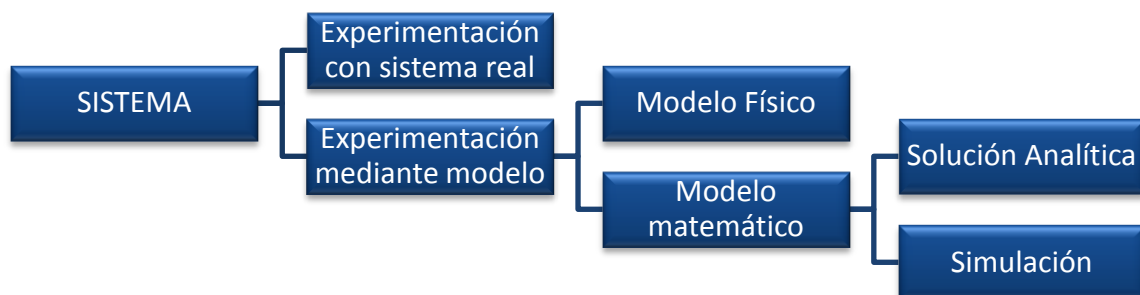
Dada la variedad de técnicas utilizadas éstas serán presentadas de modo conciso, resaltando únicamente alguna de las características que las hacen adecuadas para el desarrollo de este proyecto.

#### SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

Se define simulación como el proceso de diseño de un modelo de un sistema real y la realización de experimentos con este modelo con el fin de entender el comportamiento del sistema y/o evaluar diferentes estrategias para la operación del mismo [1]. Por ello es crítico que imite el comportamiento de respuesta del modelo real.

El término modelo y sistema son componentes claves de la definición, el primero de ellos se refiere a la representación de un grupo de elementos o ideas. Un sistema es un conjunto de elementos que interaccionan entre sí con el fin de alcanzar un objetivo. Sus principales componentes son las entidades u objetos de interés, atributos y propiedades que lo definen [1]. Un modelo es la abstracción/simplificación del sistema que se utiliza como un sustituto del propio sistema, son un conjunto de hipótesis/aproximaciones sobre el funcionamiento del sistema.

A la hora de estudiar un sistema pueden plantearse las siguientes situaciones:



La simulación permite ensayar sobre un modelo complejo, como es el caso de estudio, múltiples ideas, alternativas con un menor coste económico que la implementación de las mismas sobre el sistema real, al mismo tiempo que se evita incurrir en errores anteriormente estudiado como el efecto de su implementación en la realidad y comportamiento no natural de los sujetos observados, errores anteriormente estudiados.

Los pasos necesarios en un estudio de simulación son los siguientes (Shannon, [1]):

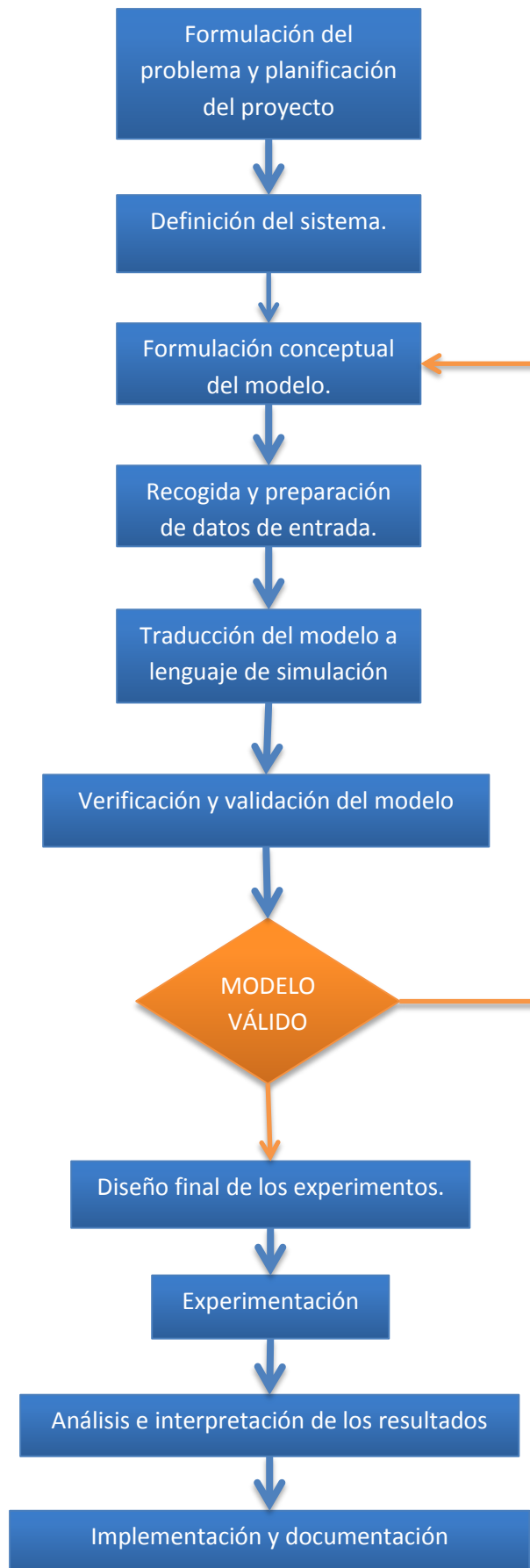


Figura 1. Pasos es el estudio de simulación.

Los modelos matemáticos, necesarios para la realización de la simulación, se clasifican atendiendo a diferentes criterios en:

- Estáticos: la representación del sistema es independiente del tiempo.
- Dinámicos: representan sistemas que evolucionan con el tiempo.
- Continuo: los cambios en los estados pueden producirse en cualquier momento. Basta con que una de las variables sea continua para que el modelo lo sea.
- Discreto: los cambios de estado se producen en momento concreto.
- Determinista: sin elementos aleatorios.
- Estocástico: de carácter aleatorio.

**En el caso del sistema estudiado, la simulación es una solución idónea, ya que se cuenta con un sistema complejo en el que intervienen numerosas variables y factores difíciles de modelar, aleatorios, y en algunos casos desconocidos.**

La simulación de eventos discretos ofrece una plataforma de evaluación científica para la determinación de buenas estrategias de asignación de recursos, infraestructura y diseño del flujo de procesos que puede [2] mejorar la experiencia paciente a través de la reducción del tiempo de espera para la consulta y [3] hacer frente con eficacia a la futura carga de trabajo del departamento de emergencias a través de la mejora de los recursos humanos y la planificación del proceso de acuerdo al volumen de pacientes.

### TEORÍA DE COLAS

La teoría de colas se encarga del estudio de los fenómenos de las líneas de espera originadas cuando los individuos pertenecientes a una determinada población llegan, de forma generalmente aleatoria, a uno o más centros de servicio, teniendo que esperar para recibir servicio cuando los servidores están ocupados. El tiempo invertido por un servidor en ofrecer el servicio demandado puede también variar de un “cliente” (en nuestro caso paciente) a otro.

El estudio matemático de las líneas de espera se inicia a partir del trabajo de Erlang, en 1909, que trataba de predecir el comportamiento del sistema de tráfico telefónico teniendo en cuenta que había que proporcionar servicio, atendiendo una demanda que se comportaba aleatoriamente, y que debía evaluar el número de líneas necesarias para mantener el número de conexiones perdidas (a causa de la congestión) en una magnitud razonable. Desde entonces, son muchos los trabajos de investigación desarrollados y muchas sus aplicaciones: cajeros automáticos, servicio de atención telefónica, parques temáticos, supermercados, aeropuertos, hospitales, redes informáticas, una ventanilla de reclamaciones, bancos, sistemas de reparación, ascensores, carga y descarga en un puerto, etc.

Una característica esencial de los modelos de colas es la presencia de la incertidumbre, por ejemplo, en el proceso de llegadas de pacientes y en los tiempos de atención de los mismos. En consecuencia, la probabilidad y la estadística son fundamentales para el análisis de los fenómenos asociados a las líneas de espera. La valoración del funcionamiento de un servicio

debe contemplar la perspectiva del cliente, considerando cuestiones como el tiempo medio en cola, la probabilidad de esperar más de una cierta cantidad de tiempo, etc., y también la perspectiva del coste y eficiencia del servicio, a través de la tasa de ocupación de los servidores, número medio de servidores ocupados, etc. El análisis de estas cuestiones permite el análisis de diversas configuraciones y alternativas para el servicio y por tanto, para la toma de decisiones que permitan su buen control y mejora.

Los modelos de colas markovianos están caracterizados por llegadas de “clientes” de acuerdo a un **proceso de Poisson** (tiempos entre llegadas consecutivas de clientes distribuidos según una distribución exponencial) y por tiempos de servicio aleatorios con distribución exponencial. Tanto la tasa de llegada de clientes como la tasa con la que se presta servicio pueden depender del estado del sistema, esto es, del número de clientes que en ese momento se encuentran en el sistema de colas. Debido a la importancia de la **distribución exponencial** en estos modelos, a continuación se presentan alguna de sus principales características

Una variable aleatoria  $T$  tiene una distribución de probabilidad exponencial si su función de densidad es:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{e^{-x/\beta}}{\beta} & \text{si } 0 \leq x < \infty \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Y su función de distribución es:

$$F_T(t) = P\{T \leq t\} = 1 - e^{-\lambda t}$$

A partir de la función de densidad mencionamos algunas de sus propiedades más importantes:

- Función estrictamente decreciente:

$$P\{0 \leq T \leq s\} > P\{t \leq T \leq t + s\} \quad \forall t, s > 0$$

- Propiedad de ausencia de memoria:

$$P\{T > t + s | T > t\} = P\{T > s\}$$

Las llegadas de los pacientes del modelo de simulación seguirán un proceso de Poisson no homogéneo, cuyo parámetro de la distribución exponencial varía a lo largo del tiempo.

## ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Los estadísticos descriptivos proporcionan un resumen conciso de los datos. De este modo se pueden resumir los datos de forma numérica o gráfica. Ejemplo de ellos son el cálculo de la media, desviación estándar, rango, etc.

## DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Además de la distribución exponencial y de Poisson explicados en el apartado de “modelos de colas”, se han empleado otras distribuciones de ajustes de probabilidad, de las que destacamos las siguientes:

### *WEIBULL*

Esta distribución fue establecida por el físico suizo del mismo nombre. Se emplea para modelar una amplia gama de aplicaciones en ingeniería, investigación médica, control de calidad... Se dice que la variable  $X$  tiene una distribución de Weibull si su función de probabilidad es:

$$f(t) = \frac{\beta(t - \gamma)^{\beta-1}}{\alpha} e^{-\frac{(t-\gamma)^\beta}{\alpha}}$$

Tiene por tanto tres parámetros,  $\alpha$  (de forma),  $\beta$  (de escala) y  $\gamma$  (de posición). El parámetro de forma describe cómo están distribuidos los datos mientras que el de escala define la posición de la curva de Weibull respecto del valor de umbral, lo cual es análogo a la forma en que la media define la posición de una curva normal.

El parámetro de posición es un desplazamiento de la distribución que se aleja de 0. Un valor umbral negativo desplaza la distribución hacia la izquierda del 0, mientras que un valor umbral positivo desplaza la distribución hacia la derecha del 0. Todos los datos deben ser mayores que el valor umbral, lo que ha resultado útil en ajustes de distribución en los que había un **tiempo mínimo de realización de la prueba**, que se alargaba en función de las condiciones del paciente.

### *LOGNORMAL*

La distribución lognormal, muy empleada en literatura médica tiene la siguiente función de densidad:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma t} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2} I_{[0, \infty]}(t)$$



La distribución lognormal es una distribución continua que es definida por sus parámetros de ubicación y escala, y su forma es similar a la forma de las distribuciones loglogística y de Weibull (explicada anteriormente).

El logaritmo de esta distribución:  $\log(\log N(\mu, \sigma^2))$  se distribuye según una  $N(\mu, \sigma^2)$ .

### **AJUSTE DE DISTRIBUCIONES**

El ajuste de los datos recogidos y proporcionados por el personal del servicio de urgencias a diferentes distribuciones se ha realizado mediante diferentes análisis entre los que se encuentran los **ajustes de bondad**.

Estos emplean el estadístico de bondad de ajuste Anderson-Darling (cuanto mejor es el ajuste, menor es el valor de este estadístico, que mide qué tanto se alejan los puntos de la gráfica de la línea ajustada en una gráfica de probabilidad) y el coeficiente de correlación de Pearson.

También se ha empleado otras técnicas como el **análisis de distribución no paramétrico**, que estima percentiles, probabilidades de supervivencia y probabilidades acumuladas de fallas usando un método no paramétrico.

### **ANÁLISIS DE VARIANZA**

El análisis de varianza (conocido como ANOVA: ANalysis Of VAriance) proporciona un método para realizar un test de hipótesis sobre la igualdad de medias de varias poblaciones. En el caso de dos poblaciones ANOVA equivale a la realización de un contraste de hipótesis sobre la igualdad de dos medias (de poblaciones normales con varianza poblacional desconocida, y por tanto, utilizando la distribución t del estadístico de contraste).

El ANOVA es una técnica que divide la variación total presente en un conjunto de datos en varias componentes. Asociada a cada una de estas componentes existe una fuente de variación, de modo que es posible establecer la magnitud de la contribución de cada una de estas fuentes a la variación total, permitiendo concluir si es significativa o no.

### **TEST DE EQUIVALENCIA**

Se utiliza para determinar si las medias de las mediciones de un proceso están suficientemente cerca para poder considerarse equivalentes.

Se utiliza para determinar si las medias de las mediciones de un proceso están suficientemente cerca para poder considerarse equivalentes.

Cuando se utiliza se especifica el valor de la diferencia a partir de la cual ésta se considera importante, es decir, se consideran que las diferencias por debajo de ese umbral no son importantes

Se realiza un test de hipótesis planteando dos hipótesis nulas deferentes:

- La diferencia es menor que o igual al límite inferior de equivalencia.
- La diferencia es mayor que o igual al límite superior de equivalencia.

Cuando se rechazan ambas hipótesis nulas, significa que la diferencia está dentro del intervalo de equivalencia y por tanto, se puede afirmar que las medias de las dos poblaciones son equivalentes.

## 4. SERVICIO DE URGENCIAS GENERAL DEL COMPLEJO HOSPITALARIO DE NAVARRA

El nuevo Servicio de urgencias (SU) se crea como consecuencia de la unificación de los hospitales virgen del camino y el hospital de Navarra. De dicha fusión nace un único hospital denominado complejo hospitalario de Navarra (CHN), y de los dos servicios de urgencias existentes hasta este momento, se crea el servicio de urgencias general del CHN.



Figura 2. Vista área del CHN, incluido en nuevo edificio de urgencias.

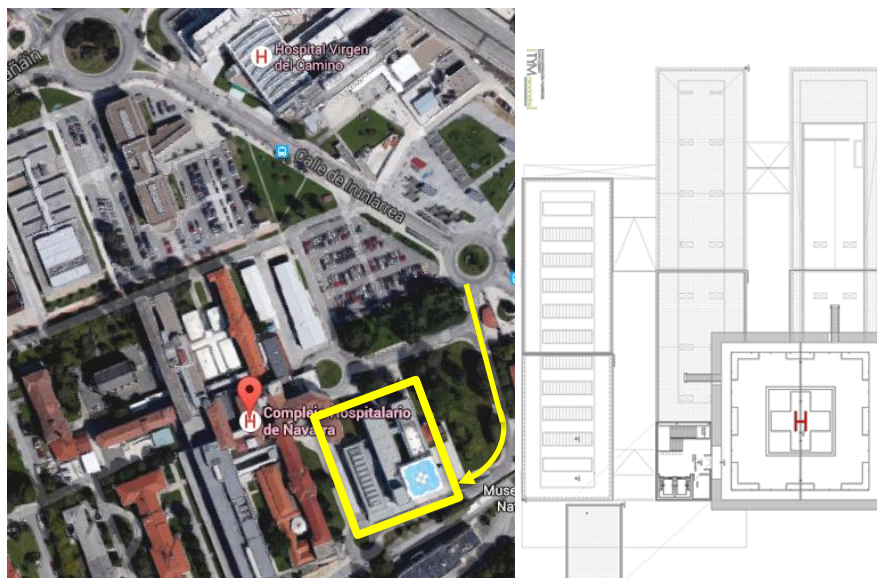
La actividad asistencial del nuevo SU se desarrolla en un edificio construido para tal fin, diseñado para dar cabida a la demanda asistencial urgente que se genera en la actualidad. Su estructura se ha diseñado en base a un plan funcional cuya primera finalidad es conseguir la mejor atención para los pacientes que acuden solicitando atención urgente, y por ello contempla tres posibles circuitos asistenciales que se estudiarán en apartados posteriores:

- Circuito A o de leves.
- Circuito B o de graves.
- Circuito C o de críticos.

Sus diferencias radican en el nivel de recursos utilizados y la inmediatez de las medidas para atender la urgencia. El acceso a cada uno de ellos lo determina el nivel de gravedad y la prioridad del paciente que se asigna a su entrada en función de su motivo y sintomatología. Sin embargo, el carácter fluctuante y dinámico de la urgencia, obliga a que recursos menos

empleados en un momento dentro de un circuito sean utilizados con flexibilidad en otro de ellos con el objetivo de lograr una mayor eficiencia en la asistencia.

El edificio de urgencias del complejo hospitalario de navarra se encuentra a la izquierda de la puerta principal del CHN-A (antiguo Hospital de Navarra) por delante del pabellón N. El edificio tiene una superficie de 3500 m<sup>2</sup> y a partir de la primera planta se divide en tres bloques, los dos primeros de tres plantas y el tercero, el más próximo al pabellón N de una planta (en él se encuentra la Sala de Observación). Encima de la tercera planta se sitúa el helipuerto.



**Figura 3. Mapa de situación del edificio de urgencias dentro del Complejo Hospitalario**

Para el mejor servicio de atención primaria, el edificio consta de:

- 2 circuitos diferenciados: uno para pacientes leves y otro para pacientes graves.
- 3.500 m<sup>2</sup>. Se pasa de un área de trabajo de 1.500 m<sup>2</sup> aproximadamente entre los dos hospitales, a un espacio unificado de 3.500 m<sup>2</sup>.
- Se incrementa en 7 el número de salas y áreas especiales, que pasa de 8 a 15.
- Se duplica el número de salas y áreas de espera (de 3 a 6).
- Se incorpora 1 control de enfermería más.
- 3 salas adicionales de radiología.

La plantilla que desarrolla su labor en la nueva infraestructura es de 306 personas. Está compuesta por 45 médicos especialistas de urgencias, 93 enfermeras, 58 auxiliares, 25 técnicos de radiología, 59 celadores y 26 administrativos, a los que hay que añadir 60 facultativos de 23 especialidades médicas permanentemente localizados.

### Población de la demanda asistencial del Servicio de Urgencias.

El Servicio de Urgencias de Navarra cubre la demanda de aproximadamente medio millón de la población Navarra. Para ello hay que tener en cuenta las zonas establecidas en la “Zonificación Navarra”, que da lugar al siguiente reparto de la población en servicios sanitarios diferenciados:



Figura 4. Zonificación Navarra.

Las diferentes áreas sanitarias a las que pertenece la población son: área de Estella, área de Tudela y área de Pamplona (Noroeste, Pirineos, Pamplona y Navarra Media Oriental). Las dos primeras cuentan con hospitales propios en los que habitualmente suelen poder tratarse las dolencias de los pacientes que acuden al servicio, salvo caso de infarto o diagnósticos concretos, que son derivados al servicio de urgencias del CHN.



Figura 5. Población Navarra atendida por área[4]

Se comprueba gráficamente que acuden aproximadamente el mismo número de personas entre los 30 y los 80 años al servicio. Sin embargo la población de personas de edad mediana es mucho mayor que la de ancianos, por lo que en proporción, la demanda del servicio es mayor en personas de avanzada edad.

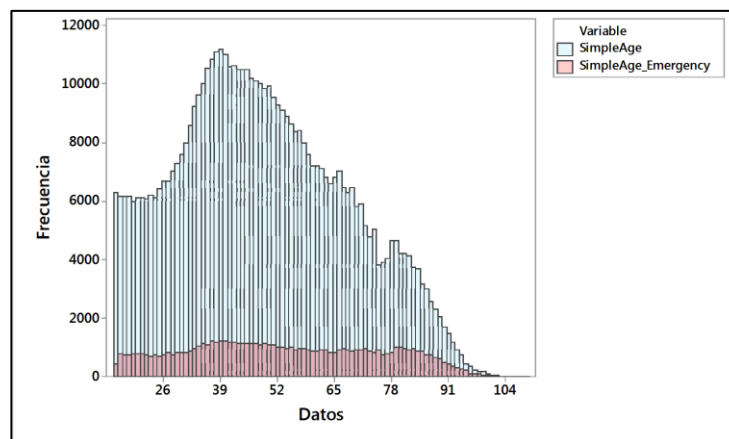


Figura 6. Histograma población potencial del servicio de urgencias y población que hizo uso del mismo.

A continuación se muestra una tabla con la población que ha acudido al servicio de urgencias por rango de edad, y la proporción respecto al total de la población.

Rango de edad	Asistencia en Urgencias	Proporción de la población
De 0 a 4 años	-	-
De 5 a 9 años	-	-
De 10 a 14 años	6	-
De 15 a 19 años	3456	15,09%
De 20 a 24 años	3776	16,34%
De 25 a 29 años	3741	13,92%
De 30 a 34 años	4499	12,93%
De 35 a 39 años	5811	13,75%
De 40 a 44 años	5782	14,30%
De 45 a 49 años	5607	14,71%
De 50 a 54 años	5077	14,91%
De 55 a 59 años	4715	15,97%
De 60 a 64 años	4423	16,88%
De 65 a 69 años	4515	18,65%
De 70 a 74 años	4467	24,19%
De 75 a 79 años	4202	26,25%
De 80 a 84 años	4640	33,14%
De 85 a 89 años	3646	41,15%
De 90 a 94 años	1832	46,59%
De 95 a 99 años	515	51,92%
De 100 y más años	84	55,26%

Tabla 1. Proporción de pacientes que utiliza el servicio por edad.

Se observa cómo al incrementar la edad, la proporción de población que utiliza el servicio de urgencias es mayor, ver Figura 7. A pesar de que la gente activa laboralmente sufre accidentes y está en contacto con numerosos agentes externo, los problemas de salud se incrementan con la edad, y cualquier síntoma es más grave y de difícil recuperación.

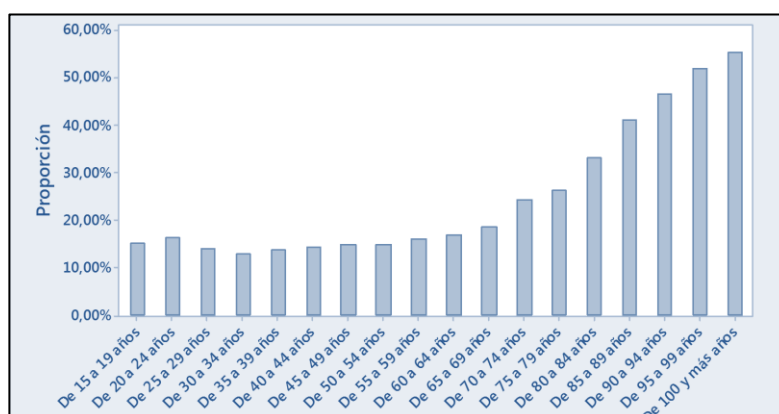


Figura 7. Proporción de utilización del servicio por edad.

En el apartado “3. Análisis de las llegadas” se realiza un estudio en profundidad del tipo de paciente que acude al servicio en función de la gravedad.

## 5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

En este capítulo se van a describir las etapas en el diseño del modelo de simulación descritas en el apartado de metodología del presente proyecto. En un primer lugar se va a realizar el modelado estructural del sistema, que contempla los elementos principales que intervienen en el modelo, las interacciones entre los mismos, etc. A continuación se particulariza el modelo al Hospital de Navarra con los parámetros y recursos concretos de los que dispone.

### 5.1 MODELADO ESTRUCTURAL

#### 5.1.1 ELEMENTOS IMPORTANTES

En este apartado se van a identificar y describir los elementos importantes a considerar en el modelo de simulación del servicio de urgencias que se va a desarrollar.

Los **trabajadores** son uno de los elementos principales dentro del servicio de urgencias, ya que son uno de los recursos de los que depende la atención del paciente dentro del sistema, satisfacción de la asistencia, tiempos de espera, y por tanto su estancia dentro del mismo. Dentro de un modelo de colas, se consideran “servidores”. En concreto en este modelo de simulación nos encontramos con diferentes tipos de trabajadores que ofrecen un servicio y tienen una capacidad diferente.

Los **médicos** son los encargados de atender al paciente una vez se encuentra dentro del sistema y ha superado la parte de registro y admisión. Dentro de los mismos existen dos grupos diferenciados:

- Médicos adjuntos: pueden realizar el trabajo completo sobre el paciente.
- Los médicos residentes en formación: deben ser asistidos y supervisados de manera permanente por los médicos adjuntos y no tienen responsabilidad total sobre el paciente.

Estos médicos se organizan de forma diferente en función del circuito en el que se encuentren trabajado, en forma de equipos o asignados individualmente a una determinada cabina.

El **personal de enfermería**, que se encarga de realizar diferentes técnicas sobre el paciente a la entrada del servicio o durante su asistencia a lo largo del servicio, así como colaborar con los médicos y el resto del personal.

En cuanto a los recursos de movimiento entre las diferentes pruebas zonas de asistencia al paciente son principalmente dos: los celadores y los ascensores.



Los **celadores** son los encargados de realizar los traslados de los pacientes dentro del sistema. Se dispone de diferentes puestos de celadores dentro del servicio asignados a una determinada zona (triaje 1-2, triaje 3-4, Rx, Circuito A, Circuito B...)

El **ascensor** es una de las piezas clave dentro del sistema, ya que se emplea para el traslado del paciente a otros centros (Hospital, Virgen del Camino, UCI, Ictus, Coronaria...), a la zona de pruebas dentro del servicio de urgencia (Rx en el sótano, escáner en el sótano, observación en la primera planta, etc.)

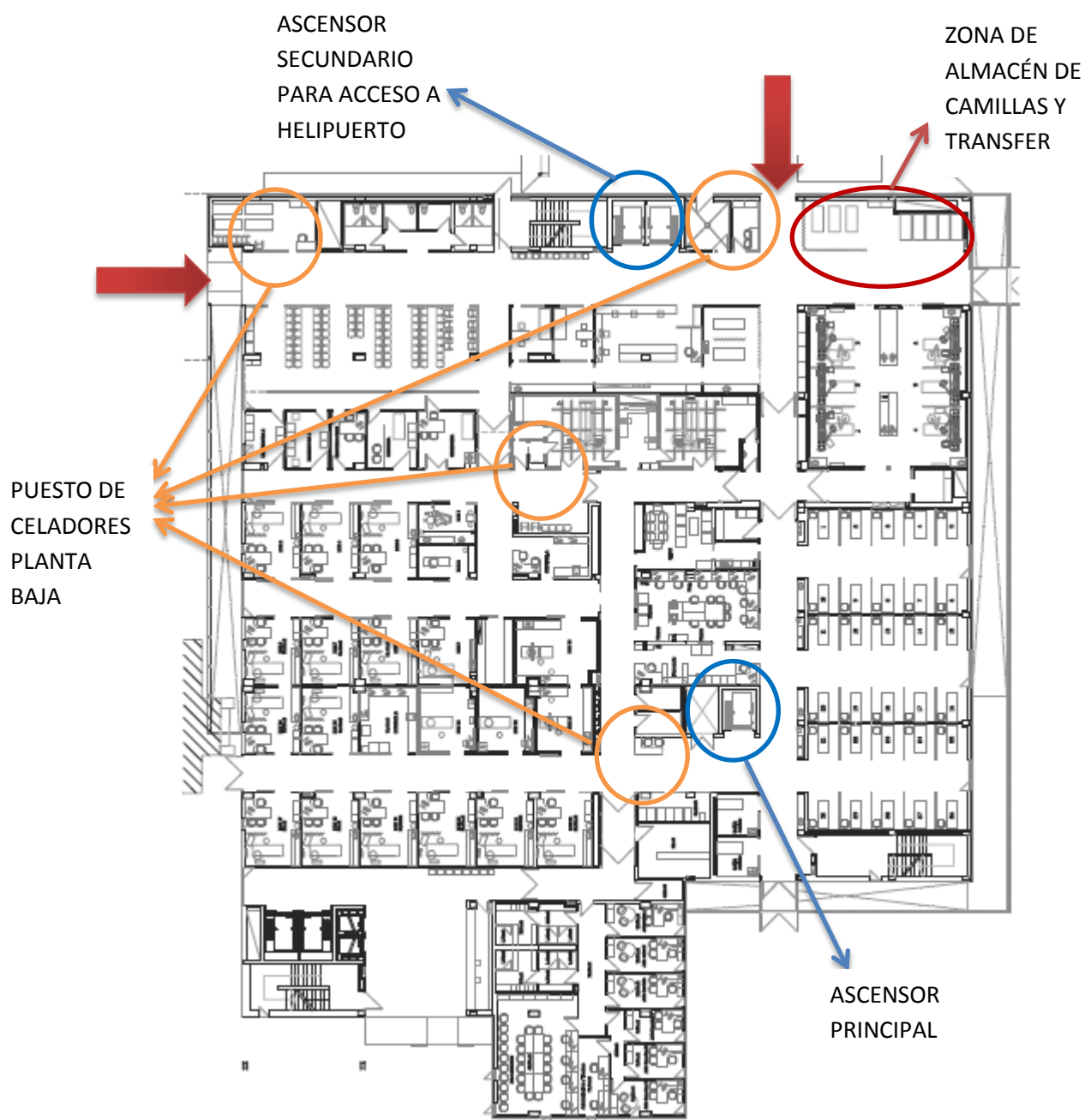


Figura 8. Plano planta baja urgencias.



Los **médicos especialistas** son solicitados por asignación directa desde el registro del paciente (si la patología es concreta y definida para una especialidad que la requiere) o tras ser visto por el médico de urgencias correspondiente mediante la demanda de una interconsulta.

Las **Ambulancias** trasladan a determinados pacientes al servicio. Así mismo, las **sillas y camillas** disponibles para el desplazamiento de los pacientes con autonomía reducida son recursos que intervienen en el flujo de las actividades dentro del sistema a modelar.

Las **instalaciones** principales del edificio que se deberán tener en cuenta en el modelo de simulación sobre la **planta baja** son las siguientes:

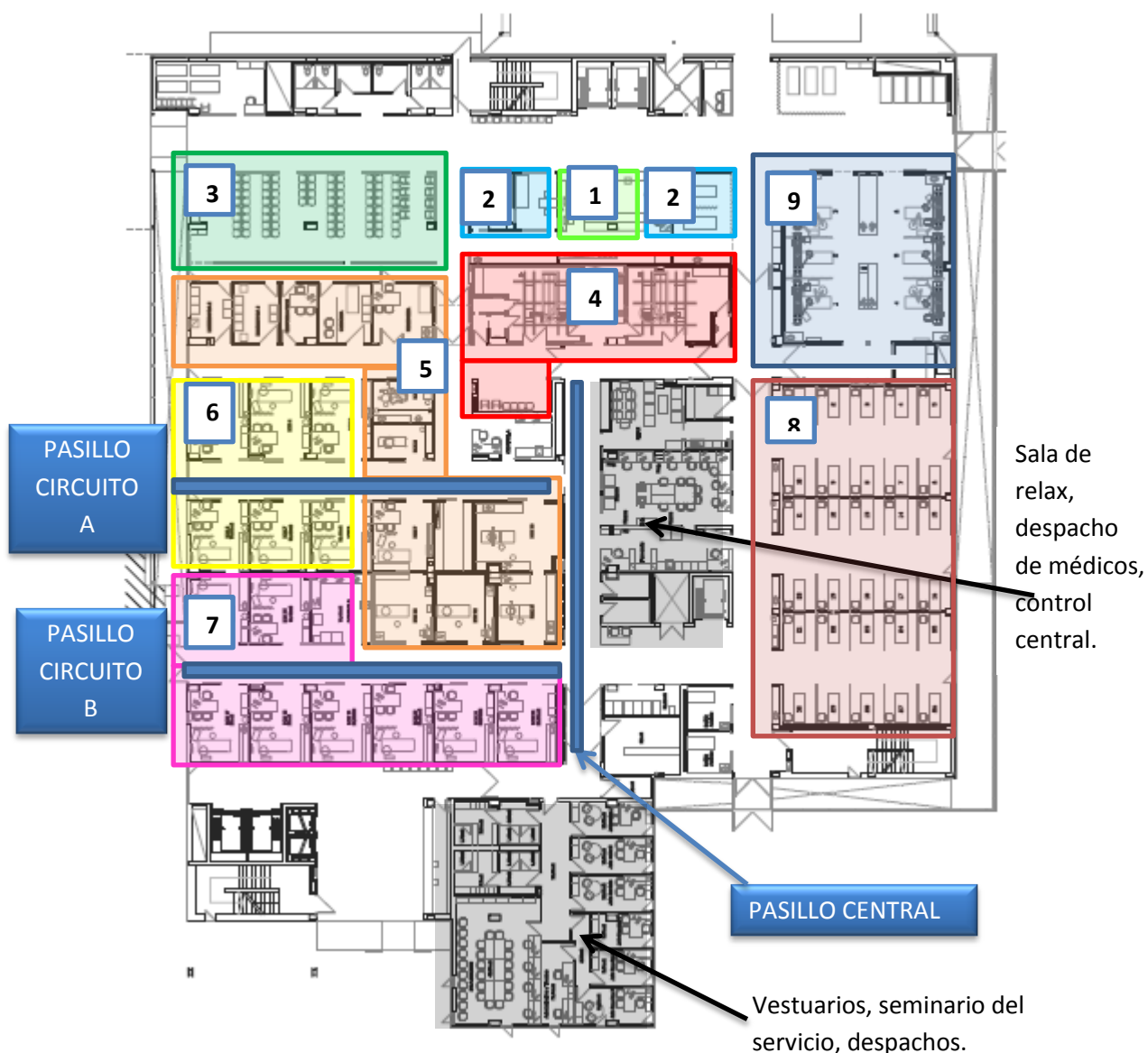


Figura 9. Planta baja urgencias con descripción de instalaciones.

1. **Admisión.** Zona donde se realiza el registro de entrada.
2. **Puestos de triaje 1-2** (pacientes que entran por la puerta de ambulantes) **y 3-4** (pacientes que llegan al servicio en ambulancia o helicóptero). En ellos las enfermeras de triaje se encargan de clasificar cada paciente, basándose en la prioridad de atención del mismo de acuerdo a su gravedad, y de establecer un destino dentro del servicio. Se describirán detalladamente en el siguiente capítulo.
3. **Sala de espera (SE)** donde se sitúan los pacientes ambulantes y aquellos en silla de ruedas con acompañante.
4. **Radiología,** zona en la que se dispone de los medios necesarios para la realización de Rx a los pacientes provenientes de todos los circuitos. Dispone de Sala de Espera de Rx (SERx).
5. **Salas de las diferentes especialidades** descritas con más detalle a continuación.
6. **Consultas polivalentes del Circuito A.** Descritas en el siguiente apartado.
7. **Consultas médicas del Circuito B.** Descritas en el siguiente apartado.
8. **Sala de Boxes Polivalente (SBP).** En ella como norma general permanecen en espera los pacientes atendidos en el circuito B. Está dividida en tres salas de diez boxes cada una: en la primera (30-39) se emplea preferentemente para aquellos en espera de Rx o aquellos que yendo a ser atendido en el CA deba esperar a dicha atención en camilla, en la segunda (40-49) y en la tercera (50-59) se encuentran los pacientes que van a permanecer más tiempo en espera del efecto de posible medicación administrada y para el resto de pacientes en espera de ser atendidos en algunas de las consultas del CB.



Figura 10. Sala de boxes polivalentes (SBP).

9. **Sala de reanimación.** Se emplea para atender los pacientes críticos cuyas funciones vitales estén comprometidas o el motivo de la urgencia suponga un riesgo vital inminente. Dispone de una capacidad máxima de 6 pacientes.



Figura 11. Sala de Reanimación (REA).



Figura 12. Puesto número 1 de los 6 existentes para atención de pacientes en la sala de REA.

A continuación se realiza una descripción más detallada de los recursos en consulta de los que se disponen (nombrados anteriormente de forma general como consultas de especialistas (5), consultas polivalentes del circuito A (6) y consultas médicas del circuito B (7)), que posteriormente serán de relevante importancia para el modelo.

Las salas identificadas en color rojo están reservadas, en concreto la sala reservada 1 es la denominada como A en el plano y se emplea para pacientes que deben estar custodiados, las otras dos salas son multiusos y se emplean acorde con las necesidades del momento. El resto de salas numeradas en el plano son las siguientes:

1. Psiquiatría 1. Empleada generalmente por el especialista externo de psiquiatría.
2. Psiquiatría 2. Empleada generalmente por el especialista externo de psiquiatría
3. Consulta Maxilofacial (MXL). Empleada para pacientes que requieren asistencia con el material correspondiente a dicha especialidad.

4. Consultas de ORL. Para pacientes cuya patología pertenece a la especialidad de otorrinolaringología.
5. 6, 7, 8, 9, 10. Consultas médica del circuito A: consulta estándar de asistencia médica.
11. Consulta Quirúrgica y de oftalmología.
12. Traumatología 1.
13. Traumatología 2.
14. Consulta quirúrgica S.
15. Consulta quirúrgica L
16. 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23. Consultas médicas del circuito B. Consultas estándar de asistencia médica.



Figura 13. Plano de las consultas de la planta baja de urgencias. (Circuito A, B, y salas de especialistas).

La diferencia entre las consultas médicas estándar para asistencia de pacientes (16-23 para el circuito B y 5-10 para el circuito A) y las de las diferentes especialidades, empleadas generalmente por médicos externos al servicio se aprecia en la siguiente imagen.

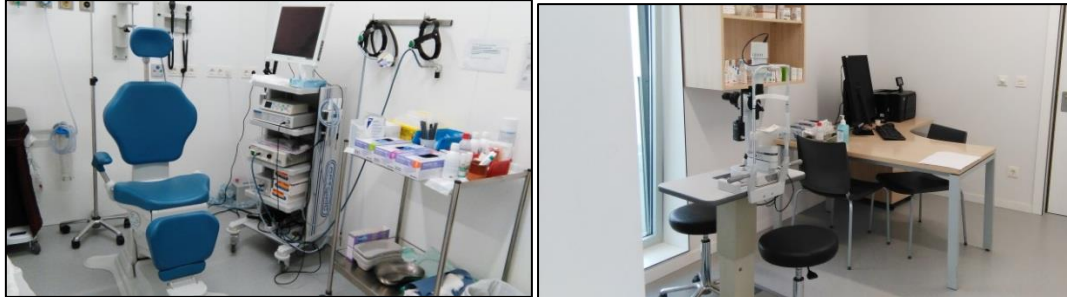


Figura 14. Consultas MXL y OFT de especialidad.



Figura 15. Consulta estándar.

Las **instalaciones** principales del sótano del edificio que se deberán tener en cuenta en el modelo de simulación se encuentran en el rectángulo del plano señalado en rojo, que se ampliará en la siguiente imagen para facilitar su visualización:

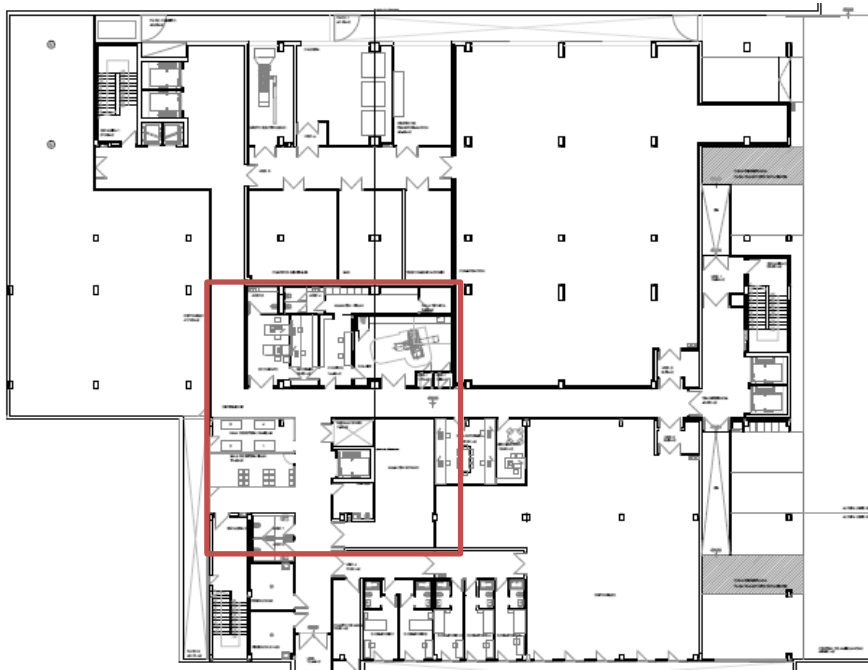


Figura 16. Plano del sótano.

Realizando un zoom sobre la zona principal a tener en cuenta (el resto de la planta son el grupo electrógeno, los dormitorios para los médicos que realizan guardias, etc.) se detectan tres elementos principales, además del ascensor: la zona del escáner (1), el ecógrafo (2), y la sala de espera de camillas y de sillas o ambulantes para las pruebas mencionadas anteriormente.

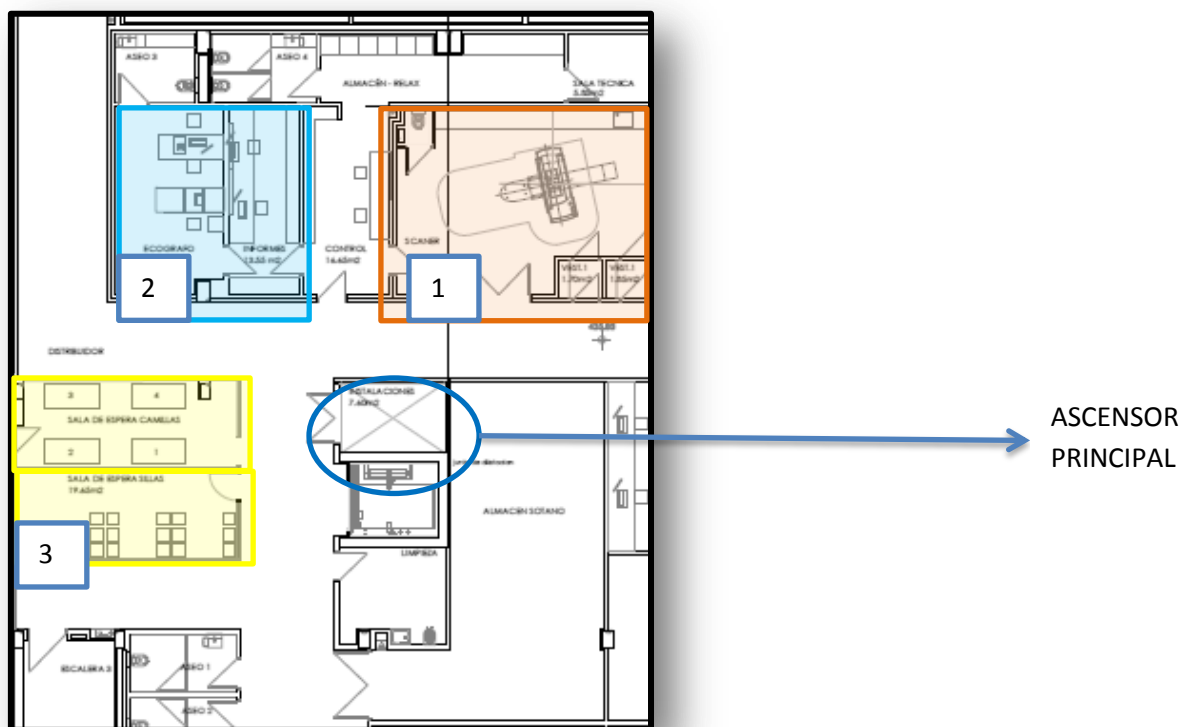


Figura 17. Zona de recursos para realización de pruebas en el sótano.

En la primera planta se encuentra la sala de observación de acuerdo al “modelo mixto”, según el cual el control y la coordinación de la unidad es responsabilidad del servicio de urgencias y el uso de sus camas por otros especialistas está sujeto a los criterios de ingreso y disponibilidad de camas. Está formado por 16 boxes individuales para pacientes, más dos especiales con doble sala para pacientes custodiados, en caso de haberlos, y para pacientes terminales.

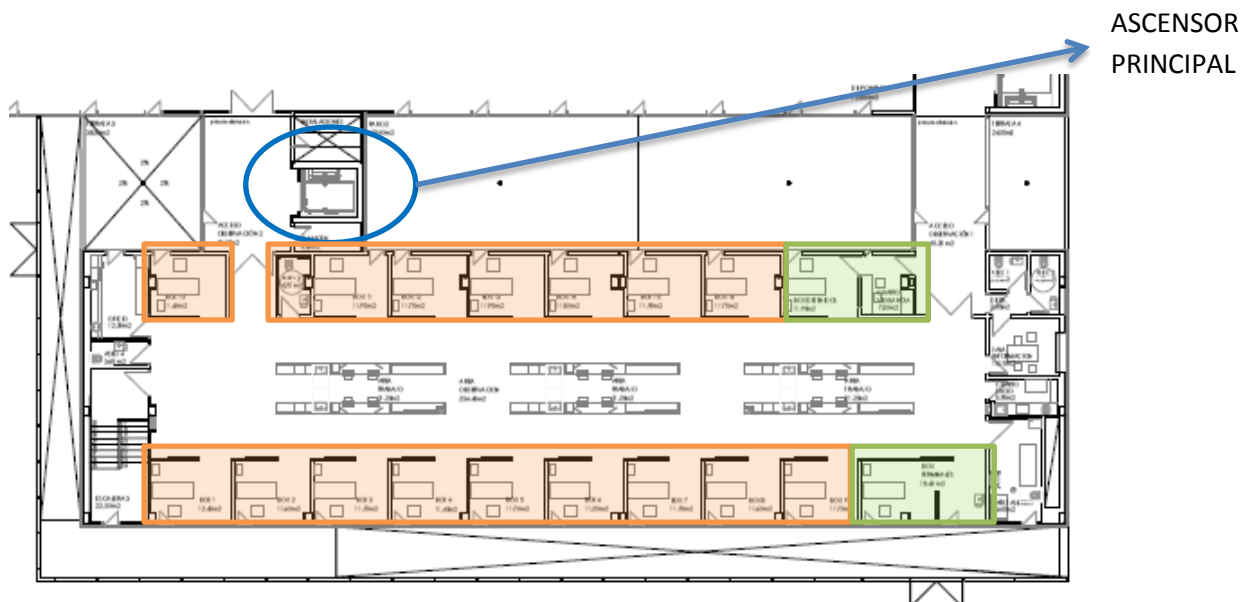


Figura 18. Planta primera del edificio de urgencias: observación.

Además de las instalaciones con sus correspondientes elementos necesarios para la realización de las diversas pruebas (ecógrafo, Rx, etc.) también intervienen los aparatos habituales empleados con los pacientes: los **recursos** de electrocardiograma -empleados tanto en las diversas consultas como en los puestos de triaje-monitores de constantes, etc.

Todos estos elementos descritos anteriormente se irán incorporando a lo largo de todas las fases del diseño del modelo de simulación para alcanzar su completa integración en la versión final del mismo.

#### Límites del modelo:

El modelo de simulación planteado tendrá como límite el edificio de urgencias, es decir, la disponibilidad de camas del hospital de Navarra, Hospital Virgen del camino, etc. para la hospitalización del paciente tras el servicio de Urgencias estudiado en caso de requerirlo no serán controlados por el mismo.

Por otro lado, la disponibilidad de los especialistas externos requeridos en las interconsultas o atención de determinado pacientes estará contemplado dentro del modelo construido, pero no sus horarios de turnos de trabajo, ni sus tareas fuera de nuestro ámbito.



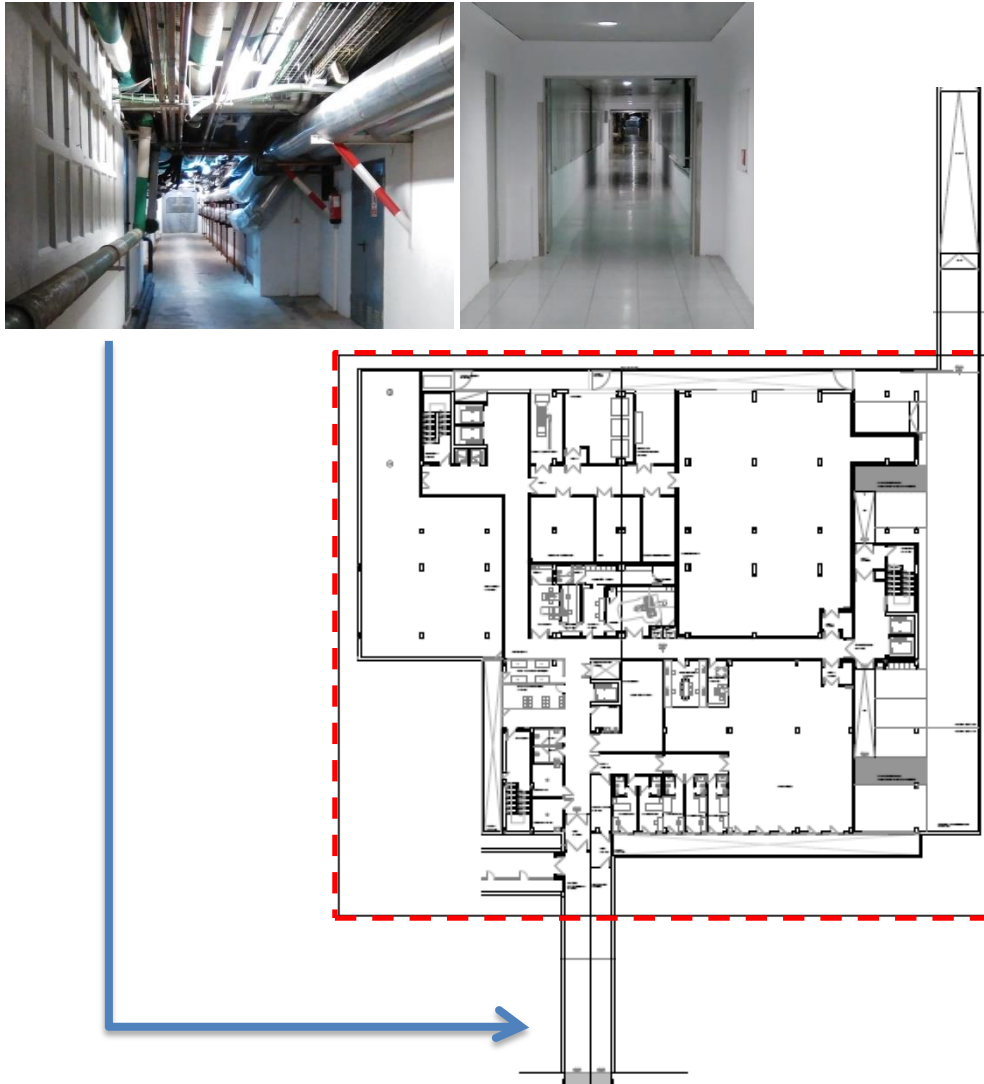


Figura 19. Límites del modelo de simulación.

Es decir, una vez que el paciente sale de los límites del edificio se contabilizará la salida del mismo así como la ausencia de celador en el sistema por ocupación fuera del servicio, y la disponibilidad del recurso para los pacientes de urgencias y los tiempos de espera. pero no se gestionará el resto de recursos externos, o la utilidad de éstos para otras tareas que no son objeto del estudio. Los casos en los que los pacientes generalmente salen de los límites del edificio son los siguientes:

1. QUIRÓFANO URGENCIAS/CORONARIA (infarto): se realizan endoscopias muy urgentes y cirugías. (más de 2' 20" para llegar al mismo).
2. ENDOSCOPIA PROGRAMADA/UCI: para el traslado a uci o endoscopias no necesariamente inmediatas para el paciente que acude al servicio. En ocasiones son acompañados además de por el celador, por el médico del equipo de urgencias y/o enfermera por si empeora el paciente en el trayecto (más de 4' 10" de media contabilizando únicamente el trayecto de ida).



3. VIRGEN DEL CAMINO: Ingreso del pacientes en el Hospital Virgen del Camino (más de 12' 56" de media de desplazamiento de ida, contabilizando la limpieza posterior de la camilla una vez trasladado al hospital y la vuelta de ambos, camilla y celador, la no disponibilidad de los mismo por estancia fuera de los límites asciende a más de 50').

### 5.1.2 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LA ASISTENCIA: FLUJO DE PACIENTES

#### *Acceso a urgencias*

El acceso al Servicio de Urgencias distingue tres tipos de llegadas:

- Paciente que llega por sus propios medios: realiza el acceso por la puerta de ambulantes o de peatones.
- Paciente que llega en un vehículo sanitario o trasladado por fuerzas de orden público: realizar el acceso a través de la puerta de ambulancias
- Paciente trasladado en helicóptero el acceso se realiza desde el helipuerto a través del ascensor del ascensor dos

Es decir, existen dos puertas diferenciadas independientes y alejadas entre sí que evitan la entrega simultánea y por el mismo acceso de peatones y de pacientes que llevan en ambulancia, Y además un tercer acceso, directo desde el helipuerto situado en la azotea



Figura 20. Accesos al edificio de urgencias.

Cada una de las dos puertas principales: acceso de peatones y acceso de ambulancias cuentan con un puesto de celadores propio. En el primer caso para facilitar el traslado de los pacientes que accediendo a través de esa puerta necesiten una silla con una camilla para llegar hasta admisión/consulta... Y en el segundo caso para proporcionar soporte de apoyo en la realización del transfer de camilla y posterior alojamiento del paciente en la ubicación que se decida.

## Admisión

Tras el acceso al servicio, el flujo del paciente es diferente en función de la entrada por la que han llegado al sistema.

En el caso de pacientes que han entrado a través de la puerta de ambulantes, el propio paciente o su acompañante se dirigirá a la zona de **admisión** para registrar la entrada en Urgencias y recoger el sistema de identificación (pulsera, número de paciente, etc.). Si éste ha sido trasladado al hospital en ambulancia el registro lo hacen los propios celadores de la ambulancia y no precisan del paso del paciente por admisión.

## Triage

Una vez realizado el registro en Admisión del paciente que ha entrado por la puerta de ambulantes, y directamente en caso de los pacientes que entran a través de la puerta de ambulancias, pasan a la zona de **triaje**, que cuenta con 4 puestos formados por 4 enfermeras. En esta zona las enfermeras se encargan de clasificar los pacientes basándose en las prioridades de atención del paciente de acuerdo a su gravedad y establecer un destino dentro del servicio.

Tras introducir el motivo por el que se acude al servicio de urgencias (ej. Fiebre) se despliegan una serie de síntomas acorde con el mismo, que deben ser graduadas e indicadas por la enfermera (intensidad del dolor, temperatura, día de origen de la misma, etc.). Además hay una serie de pestañas complementarias con características que pueden ser elegidas, muy útiles a la hora de asignar la gravedad del paciente (>80 años, embarazada, paciente diabético, etc.).

Con todo ello el programa otorga una determinada prioridad al paciente, que condicionará el tiempo de espera hasta ser atendido por el médico. Ésta prioridad también puede ser modificada por la enfermera acorde con su experiencia.

Figura 21. Ficha de motivo de visita en triaje para obtención de la prioridad.

Las prioridades que se establecen en el servicio de urgencias del CHN siguen un índice de 1 a 5, en orden descendente de gravedad, que definen la asignación de los pacientes desde el triaje a cualquiera de los circuitos asistenciales.

- **PRIORIDAD 1:** la atención debe ser de forma inmediata por parte de enfermería y del médico responsable. Suelen presentar anafilaxia con compromiso respiratorio, crisis convulsivas activas y/o recientes, coma o disminución del nivel de conciencia, parada cardiorrespiratoria...
- **PRIORIDAD 2:** la atención de enfermería debe ser inmediata y por parte del médico no debe superar los 15 minutos. Suelen ser asignados al circuito B o C, en función de su estado y la necesidad de actuación inmediata.
- **PRIORIDAD 3:** la demora máxima para ser atendido por el médico no debe superar los 60 minutos y la enfermera de triaje debe llevar a cabo una reevaluación si se superan los 60 minutos o si se producen cambios en su situación clínica durante la espera. Estos pacientes pueden ser atendidos en el circuito de leves (si tienen cierto grado de autonomía, dolor intenso, tolerable, estables hemodinámicamente, etc.) o en el de graves.
- **PRIORIDAD 4:** en principio son urgencias menores, sin riesgo vital aparente para el paciente. La demora máxima no deber ser superior a los 120 minutos para ser visto por un médico. Son asignados al circuito A. Engloba traumatismos que pueden presentar inflamación y/o con dolor leve o moderado, previsiblemente escasas pruebas complementarias, pacientes de baja complejidad estables hemodinámicamente, etc. Los cambios en la situación el pacientes deberán ser reevaluados por la enfermera de triaje.
- **PRIORIDAD 5:** el tiempo de espera máximo para ser visto por un médico es de 240 minutos, y se asignan al circuito A que se describirá a continuación, considerado de pacientes leves. Son los pacientes citados, para revisiones sin afectación importante, demanda de medicación, recetas, solicitud de informes médicos o patología banales o de poca complejidad y escasa sintomatología.

En la siguiente imagen se observa el plano de la planta baja del edificio de urgencias en el que se señalan las diferentes entradas, así como dos rectángulos de color naranja y verde que se ampliarán posteriormente para explicar los dos flujos diferenciados que siguen los pacientes que entran por cada una de las dos puertas:

# PUERTA DE PEATONES



PUESTOS DE TRIAJE  
1, 2 (ambulantes)



PUESTOS DE TRIAJE  
3, 4 (camillas)



# ENTRADA AMBULANCIA

Figura 22. Flujo de entrada al sistema.

El servicio cuenta con cuatro puestos de triaje atendidos por enfermería, dos de ellos con formato de consulta independiente destinados a realizar el triaje de los pacientes que acceden a través de la puerta de peatones (puestos 1 y 2 señalados en la imagen anterior) y otros dos para triar a los pacientes que acceden por la puerta de ambulancias o llegan desde el helipuerto (puestos de triaje 3 y 4).

Además de las cuatro enfermeras de Triage se encuentra la figura del médico coordinador y de triaje, cuya tarea asistencial se dedica a esta labor.

#### Puesto de triaje 1 y 2.

Las personas que llegan por la puerta de ambulantes se registran en admisión y pasan a la zona de “espera a triaje”, donde se encuentran con una pantalla en la que cada vez que una de las dos cabinas se quede libre aparece el número codificado asignado previamente al paciente en admisión y el número de la cabina (1 ó 2) donde va a ser triado.

#### Puesto de triaje 3 y 4.

Las personas que han entrado por la puerta de ambulancias pasan directamente a los puestos de triaje 3 y 4, mientras los celadores de la ambulancia con la que han sido trasladados entregan la documentación en admisión para su registro.

### *Destino tras triaje*

En este instante la enfermera asigna al pacientes un destino dentro del servicio acorde con su gravedad que queda registrado en el panel de triaje que se explicará en apartados posteriores.

La enfermera de triaje puede considerar en función de la prioridad, síntomas y las exploraciones realizadas en triaje como electrocardiograma (ECG), monitorización de constantes, realización de glucemia, etc. uno de los siguientes destinos:

REA: sala de reanimación a la que acuden todos los pacientes cuyas funciones vitales están en riesgo y necesitan atención inmediata.

CONSULTA DIRECTA DEL CIRCUITO B: el paciente requiere una primera exploración prácticamente inmediata por parte de la enfermera o médico del equipo médico.

CONSULTA ORDINARIA DEL CIRCUITO A/ CONSULTA ORDINARIA DEL CIRCUITO B: deben ser vistos por un médico siguiendo el protocolo habitual que indica la espera del paciente a la disponibilidad del médico en SE (sala de espera) o SBP (sala de boxes polivalente) en función de su autonomía y estado.

ASIGNACIÓN DIRECTA A ESPECIALISTA: el paciente presenta patología concreta claramente asignable a una especialidad determinada, con el consentimiento y supervisión del médico coordinador que se encuentra en la zona de triaje. Este paciente en ocasiones sale del servicio para acudir a una consulta normal de otro centro, o permanece en una de las dos salas de

espera principales hasta que el especialista externo está disponible y puede ir al servicio de urgencias.

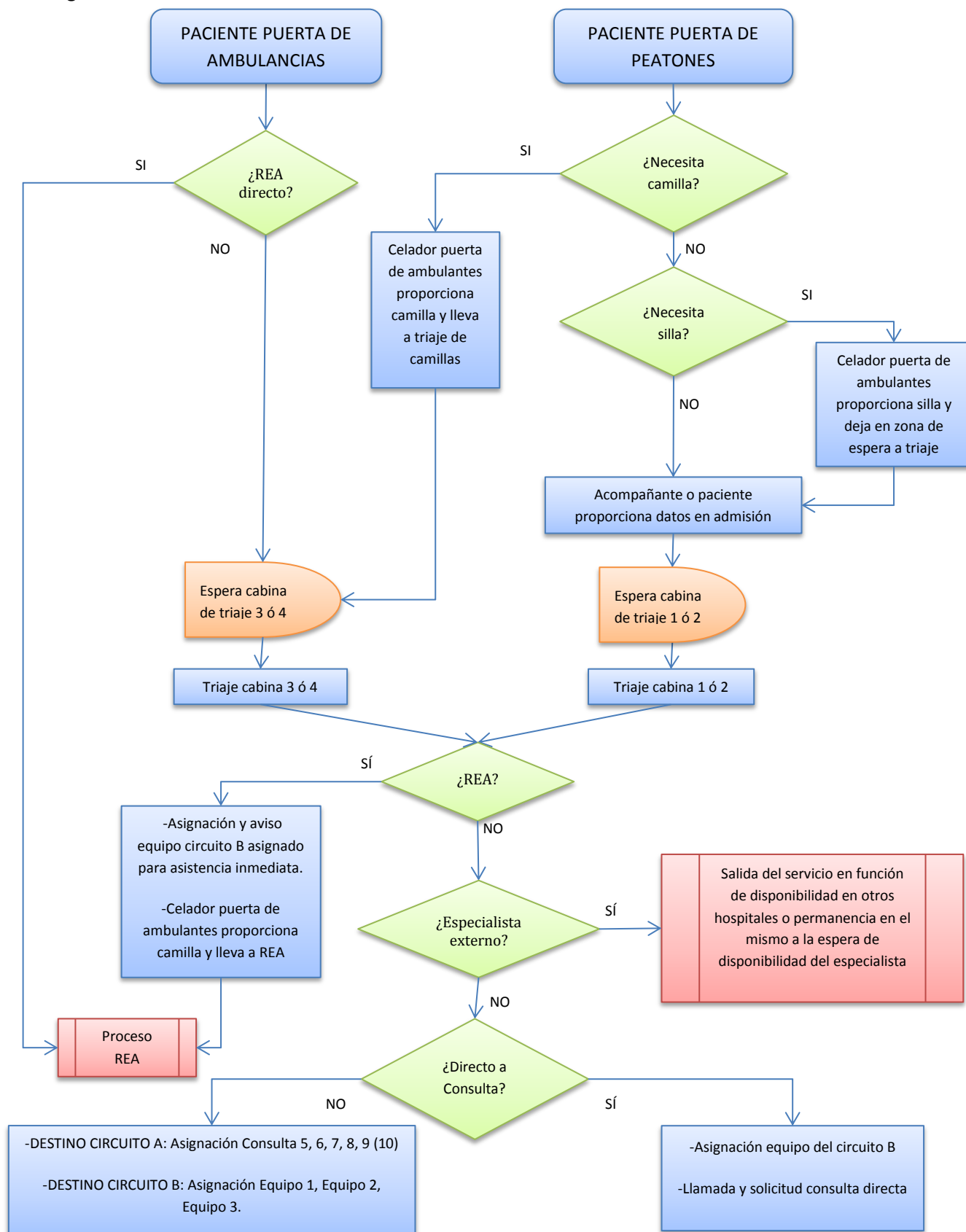


Figura 23. Diagrama de flujo de pacientes desde la entrada hasta triaje.

Además, antes de ir a cualquiera de los destinos descritos anteriormente, puede ser solicitada una placa desde triaje, si se considera que va a ser necesaria posteriormente, con el objetivo de adelantar pruebas posteriores y reducir la estancia del paciente:

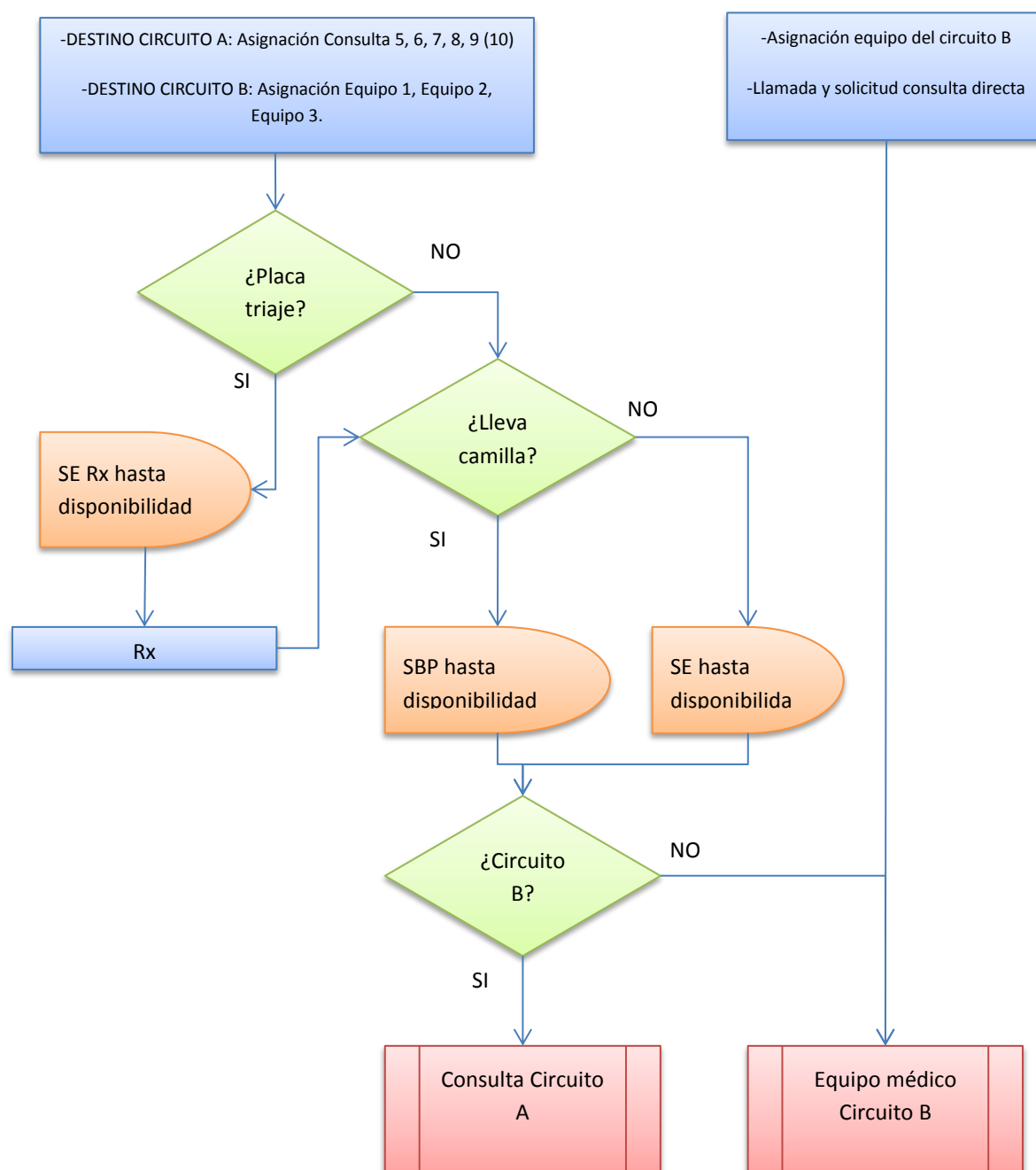


Figura 24. Diagrama de flujo desde triaje hasta la consulta del circuito asistencial asignado.

El flujo anterior describe la actividad de los pacientes antes de recibir la primera consulta médica en caso de ser destinado a cualquiera de los dos circuitos principales.

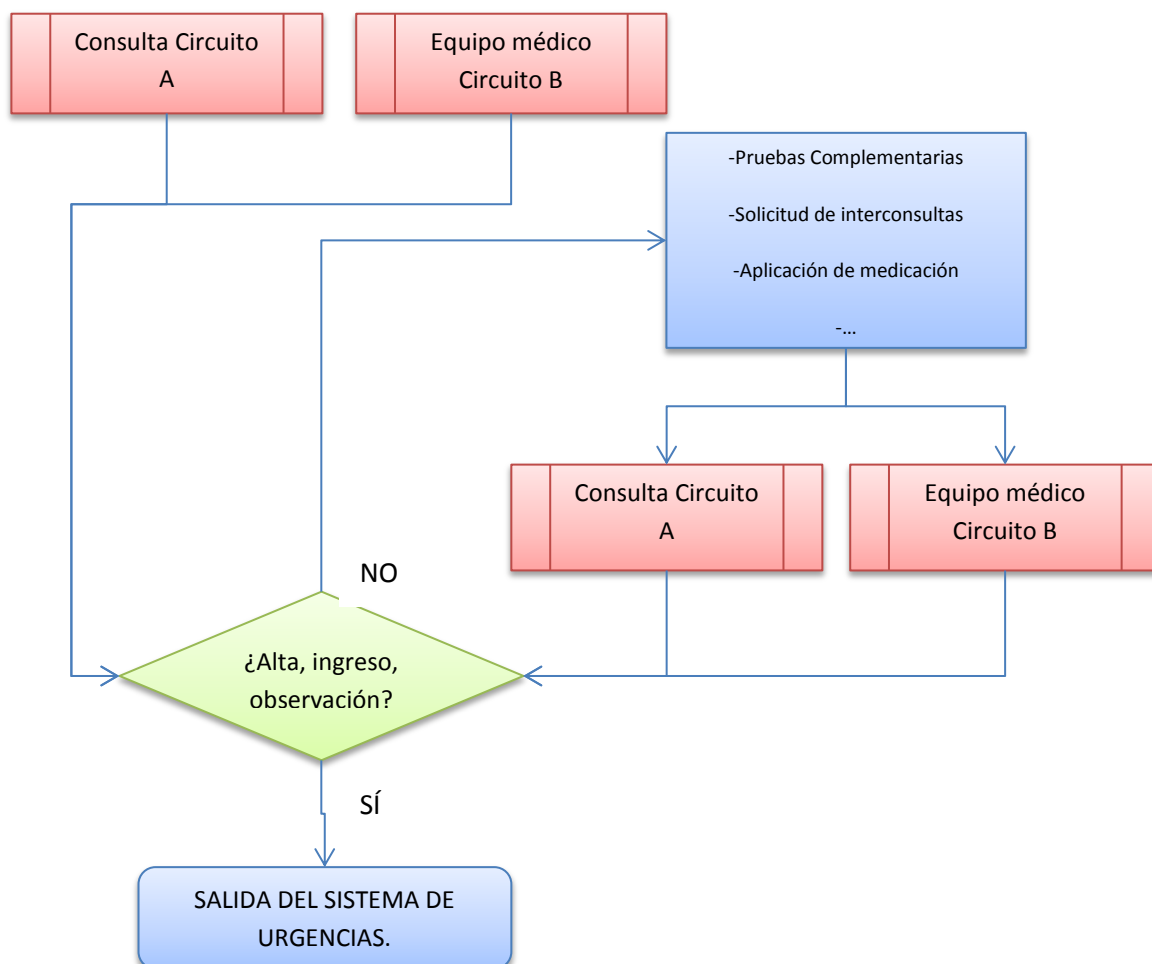


Figura 25. Flujo general de pacientes dentro del circuito asistencial.

Las interconsultas y pruebas que se han representado como un único bloque en el diagrama de flujo anterior presentan una gran complejidad, ya que la heterogeneidad de los diferentes pacientes que pasan por el servicio es máxima y el flujo de cada uno de ellos dentro del sistema es diferente.

Las interconsultas más habituales que suelen demandarse son las siguientes:

- Trabajo Social
- Medicina Intensiva Uci
- Medicina Interna
- Unidad De Cirugía Colorrectal Y Proctolo
- Unidad De Cirugía De Urgencias
- Unidad De Cirugía De Pared Abdominal



- Cirugía Maxilofacial
- Cirugía Plástica
- Obstetricia Y Ginecología
- Oftalmología
- Otorrinolaringología
- Rehabilitación
- Traumatología Hvc
- Urología
- Neurofisiología
- Psiquiatría (Uhp-1)
- Cirug Ortop Traumat-Raquis
- Anestesia Y Reanimacion
- Cirugía Torácica
- Cirugía Vascular
- Cirugía Cardíaca
- Unidad De Cirugía Esofago-Gástrica
- Neurocirugía
- Digestivo
- Cardiología - Unidad Coronaria
- Dermatología
- Endocrinología
- Geriátrica
- Hematología
- Nefrología
- Neurología
- Oncología Médica
- Oncología Radioterápica
- Psicooncología
- Reumatología
- Unidad Del Dolor
- Urgencias
- Nutrición Y Dietética
- Neumología
- Alergología

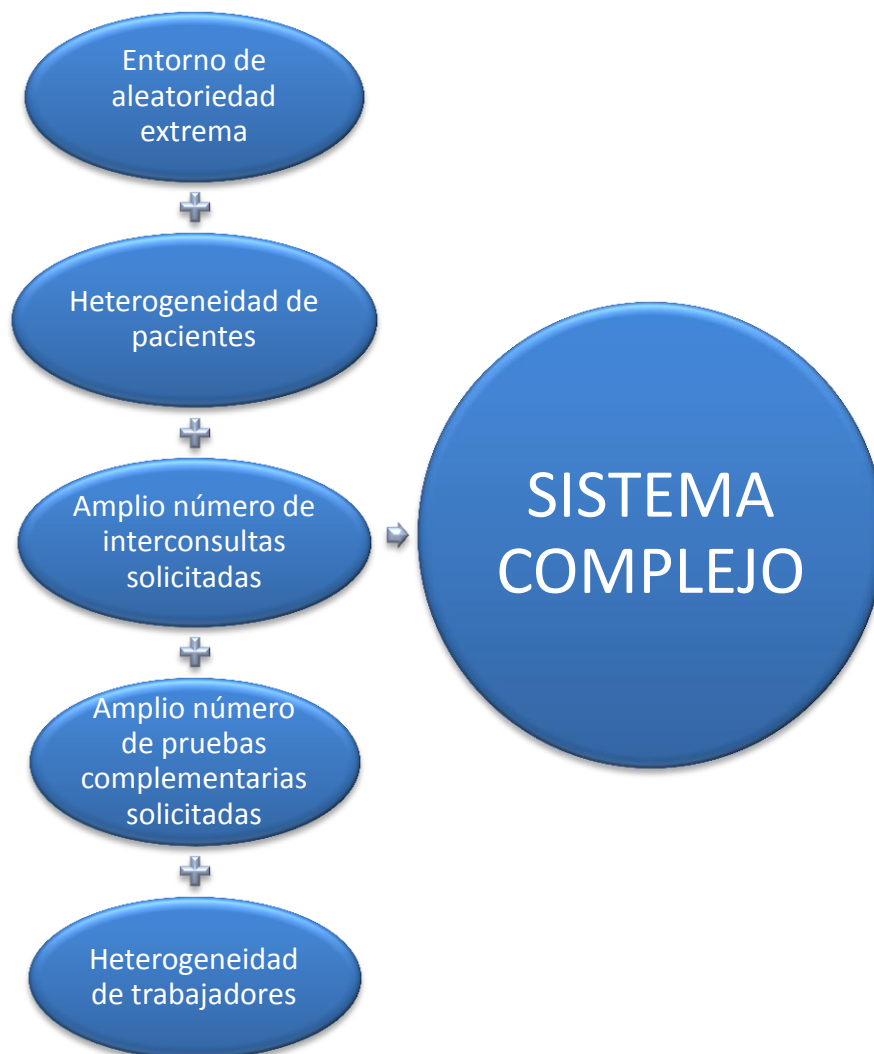
Por otro lado, las pruebas complementarias principalmente se solicitan a las siguientes especialidades:

- Radiología
- Neumología
- Cardiología
- Hematología
- Digestivo
- Neurofisiología
- Genética

- Unidad del sueño
- Medicina nuclear
- Neurología

Dentro de las mismas hay un total de más de 40 pruebas diferentes a realizar. Por ello, debido al tipo de paciente que entra en el sistema, el amplio número de interconsultas diferentes que pueden solicitarse y la extensa posibilidad de solicitud de pruebas complementarias que pueden realizarse, podemos concluir que existen múltiples flujos dentro del sistema que implican una gran complejidad dentro del mismo.

Esto se une a la situación en la que se encuentra el sistema, que evoluciona en un entorno de aleatoriedad extrema y a la diferente capacidad de trabajadores y recursos que se ha mencionado anteriormente y que se explicará con detalle en capítulos posteriores (médicos adjuntos, residentes en formación, etc.).



### 5.1.3 FLUJO DE PACIENTES EN EL CIRCUITO A

En este apartado se va a describir el flujo de pacientes que son destinados al circuito A. Éste cuenta con las consultas 5, 6, 7, 8, 9, (y 10 los festivos y post-festivos), que se asignan cíclicamente con la llegada de los pacientes al servicio una vez que son atendidos en triaje.

A este circuito son destinados los pacientes anteriormente descritos de prioridad 5, prioridad 4 y parte de los pacientes de prioridad 3. Dentro de los pacientes de prioridad 3, para ser asignados al circuito deben cumplir las siguientes características: cierto grado de autonomía, previsiblemente con escasas pruebas complementarias, estables hemodinámicamente, síntomas respiratorios que no condicionan inestabilidad en su situación respiratoria, hemorragia mayor controlada, dolor intenso tolerable, traumatismos con deformidad, dolor intenso, parálisis facial aislada, cambios de dispositivos (sondas vesicales, nasogástrica) o retención aguda de orina.

El equipo humano que trabaja en este circuito lo conforman médicos adjuntos, médicos residentes, enfermeras, auxiliares y celadores que ejercen su función en el área de consultas destinadas a este circuito:

- Consultas 1 y 2 de psiquiatría, MXL, ORL y consultas del área quirúrgica, utilizadas por médicos especialistas
- Consultas polivalentes 5-10, utilizadas por los médicos adjuntos y residentes del servicio de urgencias.

El paciente accede al circuito A una vez que la enfermera de triaje lo determina y la manera de acceder contempla:

- Espera previa en SE SBP (pag 15 plan funcional)
- Espera previa en la SBP,
- Solicitud previa de Rx

El apoyo de celadores para hacer posible estos movimientos en pacientes con autonomía limitada es el siguiente:

- Celador de triaje
- Celador de ambulancia
- Celador de Rx
- celador del CA)

El flujo de pacientes asignados a este circuito se muestra de forma simplificada a continuación, en la que se distinguen tres formas de entrada principales que afectan al flujo posterior para cada una de las prioridades.

- Pacientes de prioridad I a los que se les ha realizado un ECG (electrocardiograma) en alguno de los dos triajes (ambulantes o ambulancias)
- Pacientes de prioridad I a los que no se les ha realizado ECG en triaje.
- Pacientes de prioridad I a los que no se les ha realizado ECG en triaje pero han tenido una solicitud directa de Rx previa al consulta.

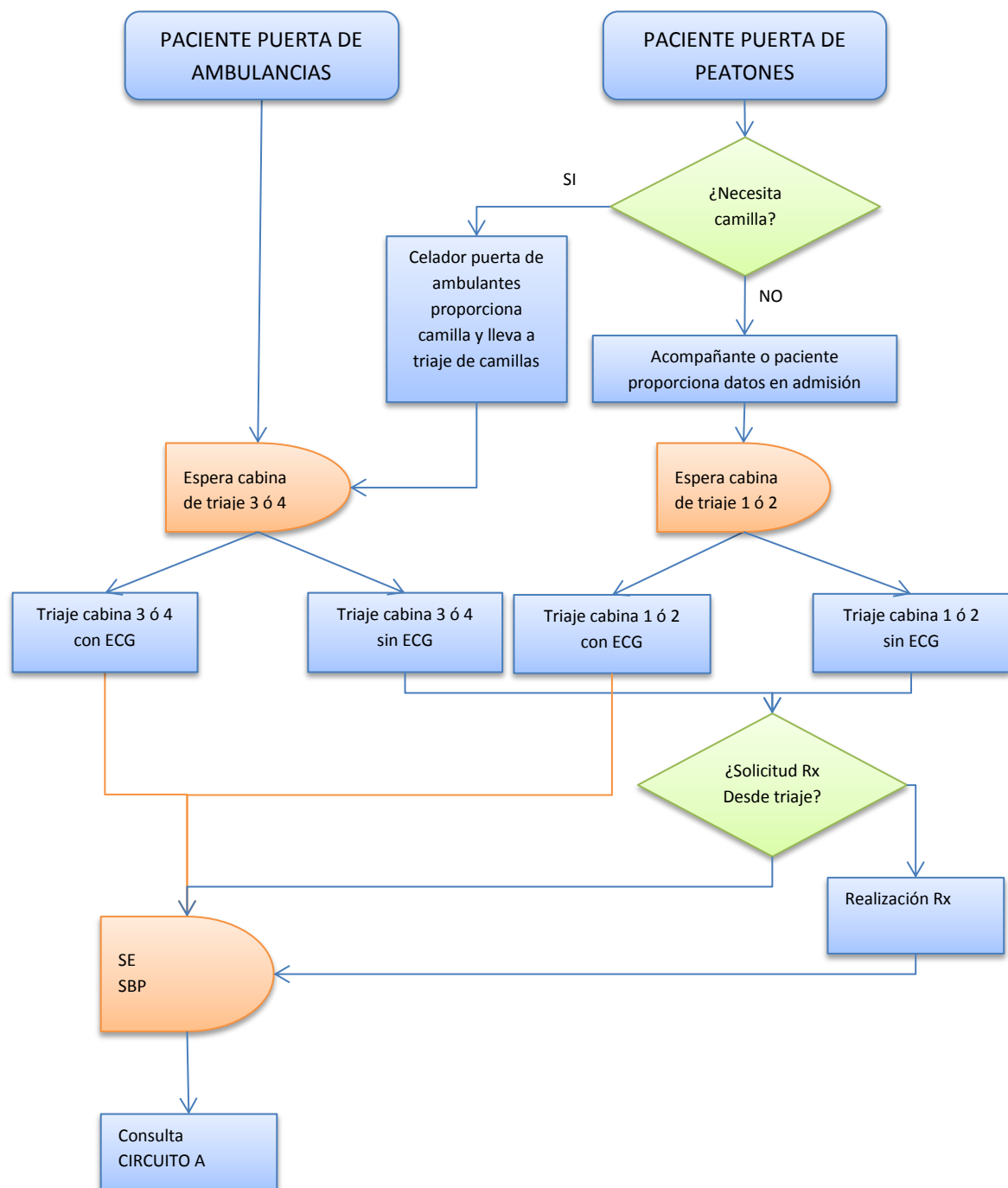


Figura 26. Flujo de pacientes desde la entrada hasta la primera consulta del circuito A.

Por tanto una vez estos tres tipos de pacientes de cada una de las prioridades asignadas a este circuito (3, 4, 5) son asignados al circuito A pueden seguir cuatro posibilidades diferentes:

- Asignación directa de consulta externa.
- Primera consulta con médico asignado del circuito A.
  - Alta directa, ingreso, etc. (salida del servicio de urgencias).
  - Solicitud de pruebas complementarias , valoración y segundo consulta.
    - Alta, ingreso, etc. (salida del servicio de urgencias)
  - Solicitud de interconsultas (y posibles pruebas complementarias asociadas a la misma), valoración y segunda consulta con el médico de urgencias asignado.
    - Alta, ingreso, etc. (salida del servicio de urgencias)

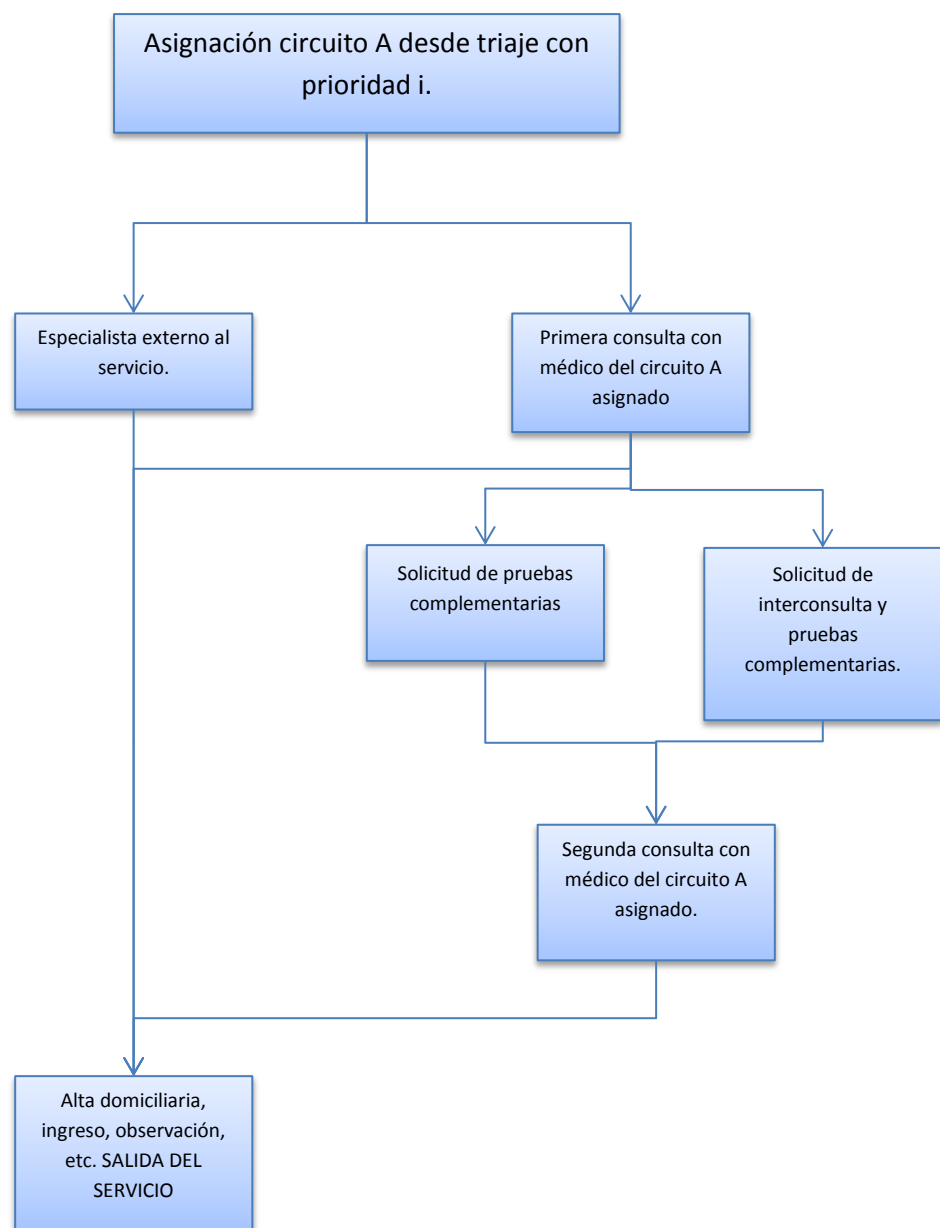


Figura 27. Itinerarios posibles dentro de la asignación del circuito A.

Dentro del bloque de pruebas complementarias se diferencian los tipos de pruebas y cantidad de las mismas solicitada (1 Rx, 2Rx, Ecografía...) y dentro de las interconsultas se diferencian las diferentes especialidades mencionadas anteriormente (otorrinolaringología, urología, etc.) con lo que dentro de estos 4 itinerarios principales (Especialista directo, Consulta-alta, Consulta-pruebas-consulta-alta, consulta-interconsulta-consulta-alta) nos encontramos con numerosas combinaciones de tipologías de pacientes diferentes. Además de la diferenciación entre los pacientes de las prioridades mencionadas y el origen del circuito (Tipo de triaje realizado con ECG, sin ECG, con solicitud de Rx, sin solicitud directa de Rx).



Figura 28. Pasillo del circuito A.

### 5.1.4 GESTIÓN DEL FLUJO

El flujo de pacientes que entra en el sistema viene determinada por la hora del día, la prioridad intrínseca de cada paciente, que depende de la aleatoriedad de las patologías que padece el paciente y que no se puede controlar.

Una vez dentro del sistema el flujo viene gestionado principalmente por la asignación que las enfermeras realizan de los pacientes a los diferentes médicos y equipos en el momento del triaje.

Cuando un paciente llega al servicio de urgencias y es triado con una determinada gravedad (prioridad) y derivado a uno de los dos circuitos, la enfermera de triaje se encarga de asignarlo a un médico concreto del circuito que va a realizar la asistencia del paciente. Actualmente esta asignación de paciente a cada uno de los médicos se realiza de forma cíclica, sin considerar patología, gravedad, etc. Es decir, el primer paciente derivado al circuito A independientemente de su prioridad (3, 4, 5) es asignado a la consulta 1 del circuito A (CA 5), posteriormente el siguiente paciente derivado a este circuito será asignado a la consulta 2 del circuito A (CA 6), y así sucesivamente hasta la última consulta del circuito A, volviendo a asignar el siguiente paciente de nuevo a la consulta 1 del circuito A (CA 5) para volver a comenzar el ciclo.

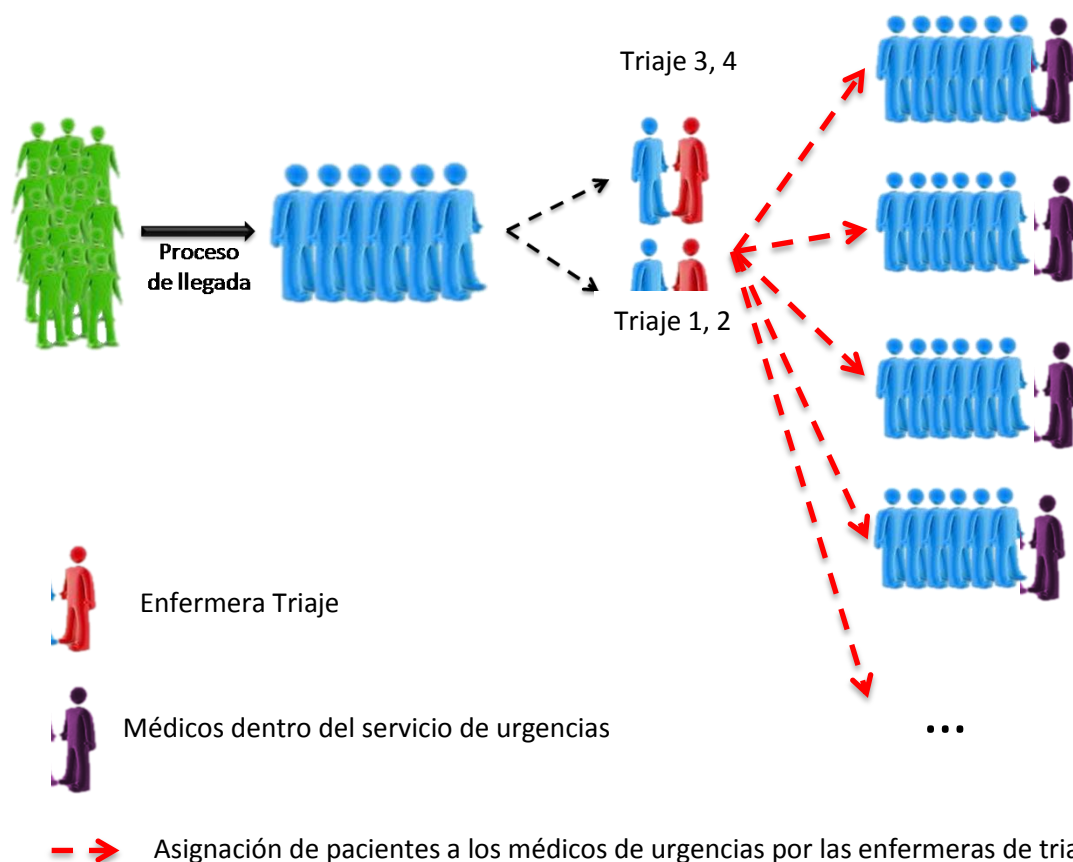


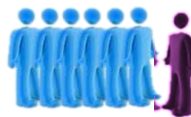
Figura 29. Gestión del flujo desde triaje por parte de las enfermeras

Esta forma de asignación de paciente a médicos es diferentes en los distintos hospitales. En la literatura médica nos encontramos con artículos como el de Stephen J. Traub, et al. [5] que compara la política de autoasignación de pacientes por parte de los médicos frente a la asignación rotacional. Se mencionan los sorprendentes resultados que contradicen la teoría de colas que establece mayor eficiencia con cola única debida a la influencia del personal que trabaja en el servicio, que produce desequilibrio, preferencias de elección y responsabilidad no dilucidada entre los diferentes médicos.

El hecho de que una asignación inicial del paciente al médico desde triaje (y por tanto la creación de varias colas paralelas al llegar a urgencias reduciendo la flexibilidad en la toma de decisiones del médico) proporcione beneficios en la eficiencia del sistema y reduzca la estancia de los pacientes (LOS, length of stay) viene también apoyado por otros artículos como el de Ward MJ, Ferrand YB, Laker LF, et al. [6] , que confirma la excepción de la regla en este caso contradiciendo la mejor eficiencia de cola única que establece la teoría matemática de colas.

A partir de esta asignación del paciente al médico dentro de cada circuito por parte de la enfermera de triaje, el flujo viene determinado por la **gestión que cada médico realiza de su cola de pacientes.**

Habitualmente cada médico tiene pacientes asignados de distintas prioridades en el sistema esperando para su primera consulta, pacientes de distintas prioridades para valoración de pruebas y realización de una segunda consulta antes de dar el alta, y pacientes que están esperando para su primera consulta que han superado el límite de tiempo entre el triaje a su entrada a urgencias y una primera asistencia por parte del médico (como se ha mencionado antes para la prioridad 3 es de 60', para la 4 de 120' y para la 5 de 240').



**Figura 30. Gestión que el médico realiza de sus pacientes asignados.**

El flujo de pacientes de cada momento será diferente en función de si el médico da preferencia a limpiar el sistema, tratando de ver segundas consultas de los pacientes ya atendidos y resolver casos para conceder el alta a pacientes, o de si da preferencia a las primera asistencias de los diferentes pacientes.



## 5.2 MODELADO CUANTITATIVO

En este apartado se van a particularizar los elementos anteriormente descritos en el apartado de modelado estructural al caso concreto del Servicio de Urgencias del Complejo Hospitalario de Navarra. Con el objetivo de representar su funcionamiento y obtener resultados sobre el mismo.

Para ello se describe la información empleada: ficheros de datos proporcionados por el personal del servicio, creación de bases de datos, mediciones realizadas “in situ” de diferentes tiempos de consulta, entrevistas con trabajadores del servicio de urgencias, etc.

Con ella se realiza una cuantificación de la demanda en cada itinerario de flujo posible dentro del sistema, distribuciones de probabilidad que representen los tiempos de interconsultas, pruebas, etc. en función de las necesidades de los pacientes que acuden al servicio de urgencias.

### 5.2.1 DATOS DISPONIBLES PARA EL MODELADO

En este apartado se describe brevemente los ficheros de datos proporcionados por el personal sanitario y el tratamiento proporcionado a los mismos para su correcta utilización posterior a lo largo de todo el trabajo. La descripción de los mismos de manera más completa se realiza en el ANEXO 4.

#### ***Bases de datos disponibles y tratamiento previo.***

Los datos y ficheros proporcionados por parte del servicio navarro de salud son los siguientes:

- Planos correspondientes al edificio de urgencias: planta baja, primera planta y sótano.
- Ficheros de datos formato txt.
- Plan funcional del nuevo servicio de urgencias.
- Personal en el servicio de urgencias durante los diferentes turnos en cada uno de los circuitos asistenciales.
- Tiempo de ejecución de realización de técnicas de enfermería.

Los ficheros empleados principalmente, cuya descripción detallada aparece en los anexos han sido “Pruebas Complementarias”, “Interconsultas”, “Triage” y “Urgencias”.

El fichero urgencias registra todas las entradas de pacientes al servicio durante el año 2015 con las características principales de los mismos. Paralelamente, el fichero de triaje proporciona información acerca del recorrido que va a seguir el paciente dentro del servicio (circuito asistencial asignado, etc.) así como las exploraciones complementarias y en algunos casos las pruebas solicitadas desde triaje.

Los ficheros de pruebas complementarias contiene el total de solicitudes de pruebas complementarias del año 2015, asociadas al paciente para el que se han solicitado cada una de ellas. De forma análoga sucede con el fichero de “Interconsultas”.

Cada uno de los ficheros contiene registros asociados a más de 120.000 pacientes (casi 140.000 registros de pruebas complementarias, 16.500 interconsultas solicitadas). Para su gestión, se ha creado una base de datos en *access* con el objetivo de facilitar la asociación de pruebas complementarias, interconsultas, registro y triaje de cada uno de los pacientes. Así mismo, se han creado numerosos ficheros con codificaciones empleadas para el trazado de flujo de pacientes en su interior, cálculo de tiempo en diferentes estancias o procesos del servicio de urgencias, espera tras solicitud de pruebas, etc.

### ***Tratamiento de datos.***

La depuración de datos es una actividad importante dentro de la producción de datos estadísticos, ya que tiene gran impacto en la calidad de los mismos.

En este caso, el análisis y la limpieza de datos han sido imprescindibles, ya que la toma de los mismos se realiza en situaciones críticas en muchos casos, con la presión y el estrés que provocan el mal estado del paciente cuando acude al servicio de urgencias. Se han encontrado numerosos errores, registros duplicados, incompatibilidades (tiempos de realización de pruebas negativos, etc.) que han provocado la corrección de algunos de ellos y el descarte de otros, con la consiguiente necesidad de recogida de datos adicionales in situ.

En el siguiente apartado se detalla alguno de los problemas detectados al realizar los análisis de datos, y carencias del sistema informático de recogida de datos.

### **5.2.2 RECOGIDA DE INFORMACIÓN “IN SITU”**

A lo largo del desarrollo del presente proyecto se han identificado determinadas carencias en el sistema de recogida de datos, que han requerido de ***mediciones, recogida de datos adicionales “in situ”, y entrevistas con trabajadores del servicio.***

Para ello se ha acudido al servicio de urgencias en varias ocasiones en las que se han llevado a cabo las siguientes tareas principales, cuyos análisis estadísticos se encuentran en el ANEXO 4:

- Toma de tiempos de ***triaje*** a los pacientes ambulantes en las cabinas **1 y 2**. Para ello se tomaron muestras de los tiempos de triaje durante un día completo (9:00-22:00) y las técnicas practicadas durante las mismas (monitorización de constantes, ECG, etc.) con el objetivo de estimar la distribución de tiempo en triaje.

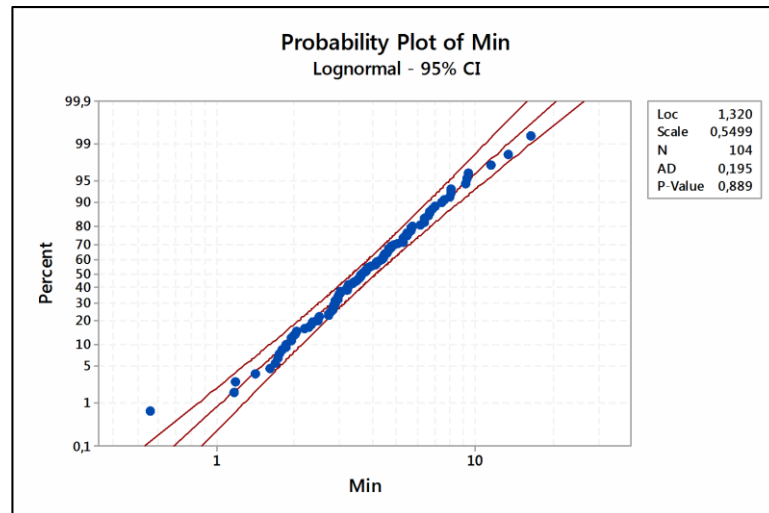


Figura 31. Ajuste de distribución de triaje 1 y 2 sin realización de ECG al paciente.

TRIAJE 1 y 2	con ECG	$t \sim N(9.309, 4.673)$
	sin ECG	$t \sim \log N(1.320, 0.5499)$
TRIAJE 3 y 4	con ECG	$t \sim W(3.546, 10.24)$
	sin ECG	$t \sim W(5.544, 5.747)$

Tabla 2. Distribuciones de tiempos en triaje.

- Toma de tiempos de **triaje** en las cabinas **3 y 4** a los paciente que llegan en ambulancia .Para ello se tomaron muestras de los tiempos de triaje durante un día completo (9:00-22:00) y las técnicas practicadas durante las mismas (monitorización de constantes, ECG, etc.) con el objetivo de estimar la distribución de tiempo en triaje.
- Toma de tiempos de consulta en el circuito A. Se realizó el registro en cada cabina del tiempo de duración de la asistencia del médico, y la extensión de la ocupación de la consulta en caso de necesidad de practicar técnicas de enfermería sobre el paciente sin necesidad de la presencia del médico. Durante la realización de las mediciones y la observación del funcionamiento del circuito se detectó la realización del trabajo en paralelo por parte del médico no contemplado en el plan funcional del servicio de urgencias y desconocido para nosotros hasta entonces. También se registró el carácter de las consultas clasificándolas en “Primeras consultas”, primera asistencia a los pacientes, y “segundas consultas”, tras la solicitud de pruebas o interconsulta en una primera consulta para la resolución final del caso.

CONSULTA 6						CONSULTA 7						CONSULTA 8						
						Medico												
Er	Hora	Sa	Hora	Sa	Hora	Er	Hora	Sa	Hora	Sa	Hora	Er	Hora	Sa	Hora	Sa	Hora	
1	42495,465	1	42495,481			1	1	42495,473	1	42495,481		blo	1	42495,461	1	42495,475		
1	42495,497	1	42495,499			esp	1	42495,492	1	42495,511			2	42495,478	2	42495,485		a o
1	42495,502	1	42495,512			1	2	42495,517	2	42495,524		Mer	1	42495,501	1	42495,52		sig
2	42495,513	2	42495,518			1	1	42495,525	1	42495,546			1	42495,517	1	42495,527		
1	42495,521	1	42495,537										2	42495,528	2	42495,53		
1	42495,54	1	42495,55	1	42495,6	1	42495,551	1	42495,556	1	42496	1	1	42495,532	1	42495,545	1	42495,545
1	42495,56	1	42495,571	1	42495,6	1	42495,557	1	42495,562	1	42496	SBP	2	42495,54	2	42495,547	2	42495,547
2	42495,575	2	42495,582	2	42495,6	2	42495,587	2	42495,59	2	42496		2	42495,549	2	42495,552	2	42495,553
2	42495,589	2	42495,59	2	42495,6	1	42495,598	1	42495,601	1	42496	1	1	42495,557	1	42495,56	1	42495,56
													1	42495,562	1	42495,574	1	42495,587
													2	42495,589	2	42495,592	2	42495,595
													1	42495,603	1	42495,614	1	42495,614

**Figura 32. Plantilla de recogida de datos de tiempo en consulta.**

- **Entrevistas** con trabajadores del servicio con gran experiencia para la estimación de datos desconocidos, identificación de elementos claves, comprensión y trazado de flujos de pacientes, etc.
- **Observación** del funcionamiento normal del sistema en diferentes momentos de días distintos con el objetivo de detectar variantes o comportamiento no identificados por los propios profesionales, o asumidos de forma automática.

Mediante la recopilación de los datos descriptivos y cuantitativos que se han realizado en este apartado se ha podido modelar y reproducir la realidad con mayor precisión. Así mismo se siguen recopilando nuevos datos y tomando más muestras con el objetivos de incrementar precisión en las distribuciones de tiempos estimadas y completar el sistema incorporando todos los elementos existentes.

### 5.2.3 PATRÓN DE LLEGADAS DE LOS PACIENTES

#### Introducción

El análisis de las llegadas es un elemento fundamental para que el modelo de simulación funcione correctamente de acuerdo a la realidad. En este caso concreto el estudio específico de cada tipo de prioridad es primordial, ya que generará unas necesidades distintas dentro del servicio y será evaluado de manera diferente.

En la literatura médica se constata que los pacientes que acuden a los servicios de urgencias lo hacen de forma aleatoria, ya que su propia definición descarta las asistencias programadas, y son modeladas mediante procesos de Poisson [7]–[11]. Estos procesos se caracterizan por tener un tiempo transcurrido entre eventos consecutivos aleatorio distribuido de acuerdo a una distribución exponencial, es decir, la probabilidad de ocurrencia de un determinado número de eventos en un período de tiempo concreto viene definida por la distribución Poisson.

En primer lugar se calcula el tiempo entre las diferentes llegadas y se representan en un histograma con el objetivo de comprobar su similitud con la distribución exponencial (Ver Figura 33 ).

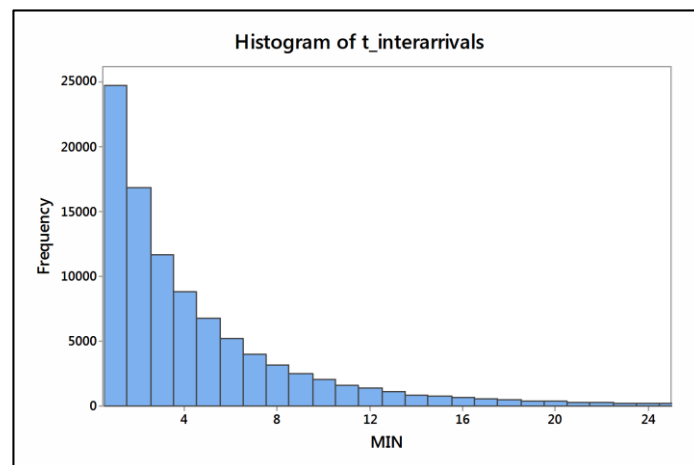


Figura 33. Tiempo entre llegadas del total de los datos.

A partir de los datos proporcionados por el Servicio de Urgencias del Hospital de Navarra, podemos afirmar que el tiempo entre llegadas sigue una distribución exponencial, sin embargo, el proceso es no homogéneo, ya que la tasa de llegadas no es constante a lo largo del día, resultados que son consistentes con la literatura existente [12], [13] tal y como se muestra en la Figura 344, Figura 35 y Figura 36 .

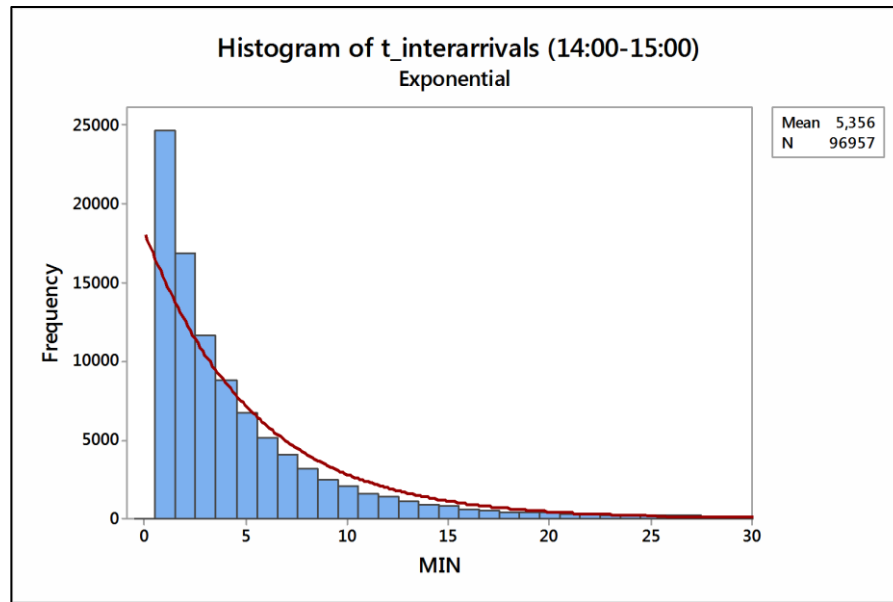


Figura 34. Tiempo entre llegadas producidas entre las 14:00 y las 15:00.

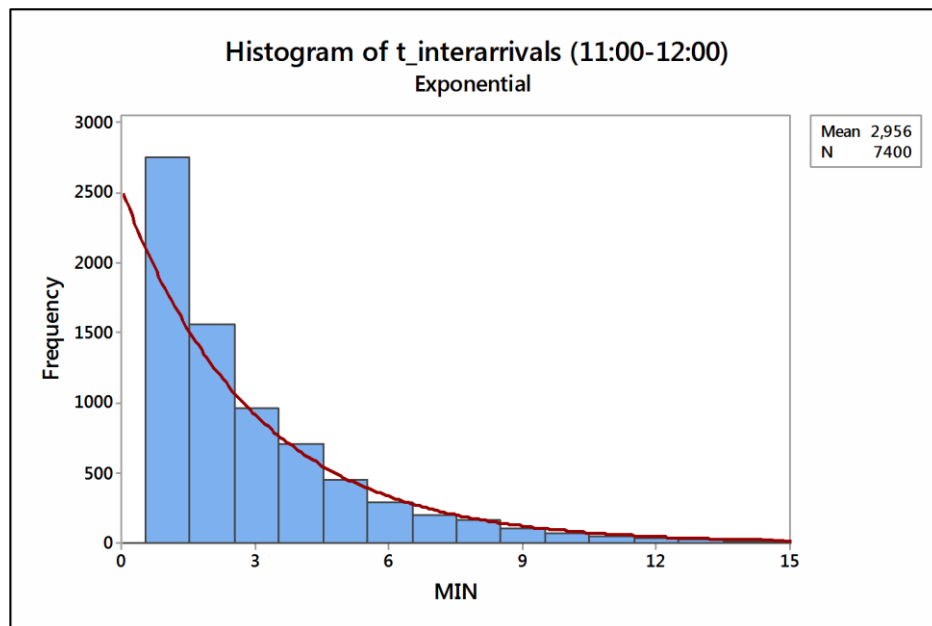


Figura 35. Tiempo entre llegadas producidas entre las 11:00 y las 12:00.

Acorde con la información proporcionada por registro del servicio de urgencias, la diferencia de afluencia de pacientes es mucho mayor durante el medio día que durante la noche y se observa que la tasa de llegada de pacientes (número esperado de llegadas de pacientes por unidad de tiempo, que en este caso es la hora) es muy diferente:  $\lambda_{11:00-12:00} > \lambda_{14:00-15:00} > \lambda_{3:00-4:00}$ .

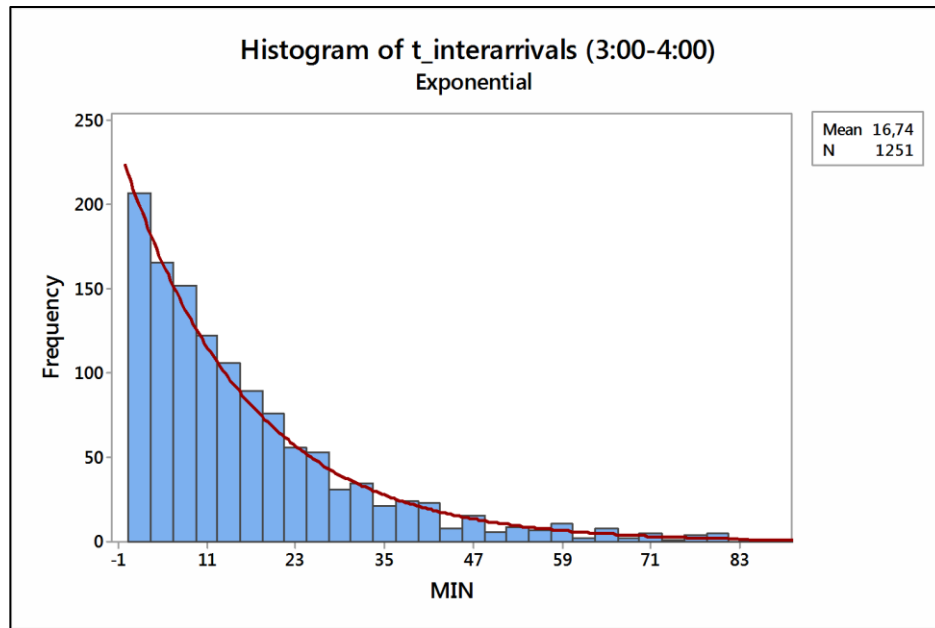


Figura 36. Tiempo entre llegadas producidas entre las 3:00 y las 4:00.

En primer lugar se han analizado la homogeneidad de las llegadas a lo largo del tiempo y la influencia de diferentes factores (cuyos principales resultados se muestran a continuación): día del año, día del mes, prioridades de los pacientes, día de la semana y el *tipo de día*:

El criterio para definir el tipo de día se basa en la percepción sobre la afluencia de pacientes al Servicio de Urgencias manifestado por sus trabajadores. Se codifica del siguiente modo:

- 0- Día laborable no pos-festivo ni pre-festivo (en general Martes, Miércoles, Jueves).
- 1- Día pre-festivo (viernes y resto de pre-festivos).
- 2- Día pos-festivo (lunes y resto de pos-festivos).
- 3- Festivo (Sábado, domingo y resto de festivos).
- 4- Pre-festivo y pos-festivo simultáneamente.
- 5- San Fermín.

Las categorías 0-5 suponen una partición del conjunto de días.

En la siguiente gráfica se observan las diferencias entre las **llegadas de los pacientes según las prioridades a lo largo del día**, que no son constantes ni proporcionales entre las distintas prioridades (Figura 37).

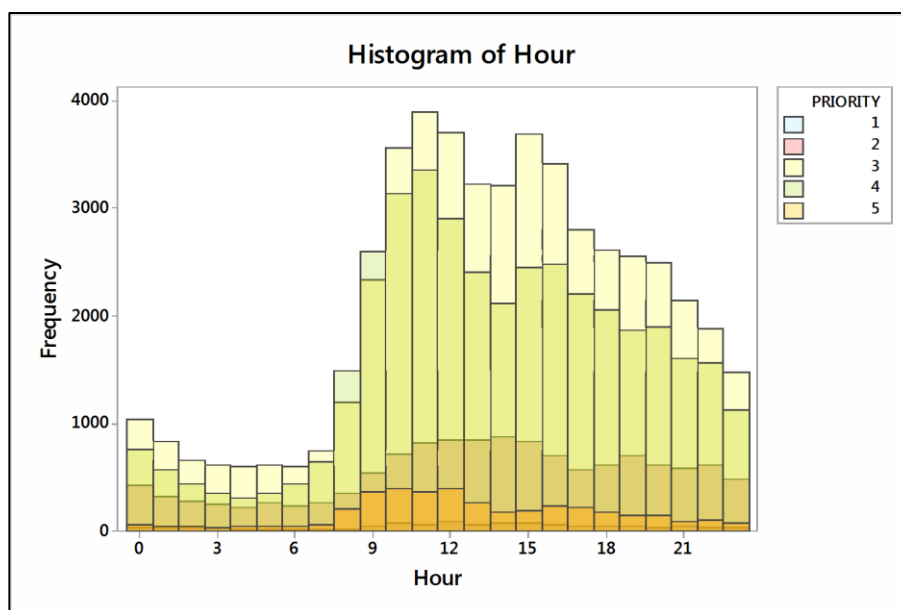


Figura 37. Histograma de llegadas a lo largo del día en función de las prioridades.

A continuación, en la siguiente gráfica se muestra el número acumulado de llegadas en función de las horas del día separada por prioridades, que demuestra que tal y como se describía anteriormente, la justificación de la variación de la prioridad media de los pacientes en función de las horas se debe al claro aumento de llegadas de prioridad 3 y 4 (no tan graves como 1 y 2) durante el día. Sobre todo en torno a media mañana, y después de comer.

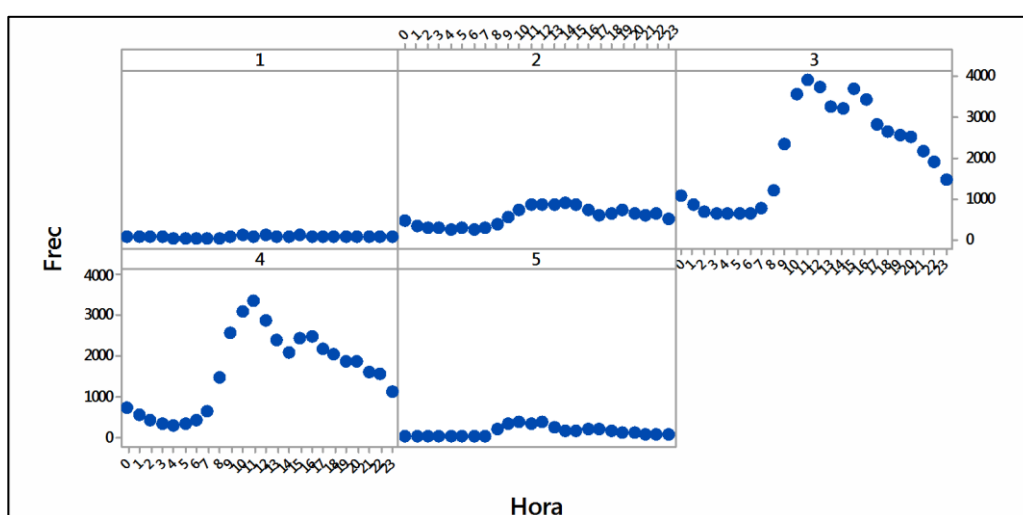
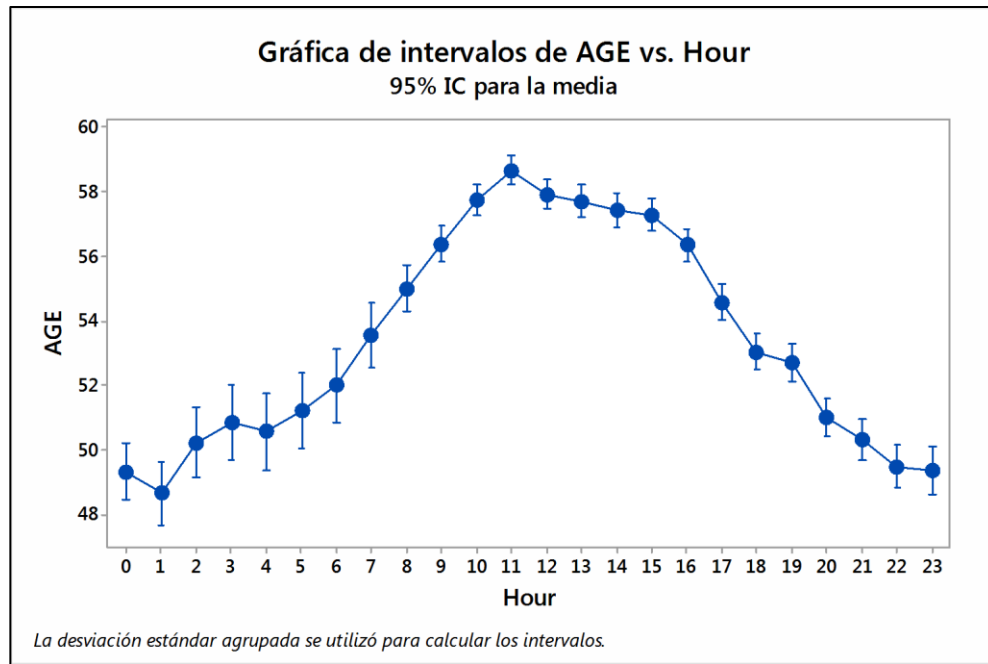


Figura 38. Llegada de pacientes por hora, durante el año 2015, clasificadas por prioridad.

En cuanto al análisis de la edad, se muestra en la siguiente imagen el perfil de su media a lo largo del día, que deja al descubierto du no homogeneidad:





**Figura 39. Media de edad por hora del día.**

Sin embargo, en nuestro sistema de urgencias, preparado para atender a personas a partir de 14 años, no es relevante la edad exacta desde el punto de vista de los recursos y el tratamiento asignado al paciente. Únicamente debemos considerar las diferencias de edad entre personas con movilidad reducida, que influirá en la velocidad de desplazamiento del mismo y su acompañante a lo largo de los recorridos, así como en caso de realizar un ingreso con su correspondiente desplazamiento hasta la planta del celador, el paciente y su acompañante.

Por ello, agrupamos las edades en diferentes rangos cuyo límite se establece en 80, para marcar la diferencia entre personas de movilidad reducida, y en ocasiones acompañada por personas en condiciones similares de desplazamiento, y el resto de personas que se desplazan de forma ágil (este valor fue proporcionado por el personal médico que trabaja en el Servicio de Urgencias). Con ello, se obtiene un porcentaje constante entre los dos rangos a lo largo de las diferentes horas, Figura 40.

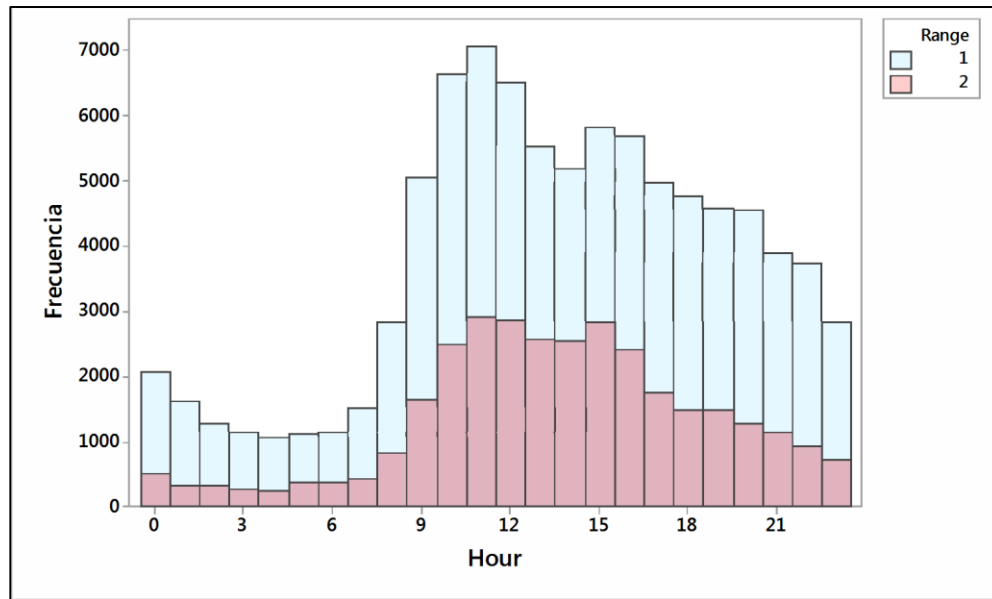


Figura 40. Pacientes a lo largo del día por rango de edad.

Se realiza un estudio para aproximar la proporción media de llegadas de pacientes cuya edad pertenece a cada uno de los rangos (límite de 80 años) que se asume constante a lo largo del día (1,14)

#### T de una muestra: 80\_Media

Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95%
Media	24	1,13957	0,03081	0,00629	(1,12655; 1,15258)

Podemos que considerar que de los pacientes que llegan el 13,957 % son de rango 2, es decir, tienen una edad superior a 80 años, mientras que el resto son de rango denominado como 1.

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ x + 2y = 1,13957 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 1,13957 - 1 = y = 0,13957 \\ x = 1,13957 - 2y \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 86,043\% \\ y = 13,957\% \end{cases}$$

## *Análisis de las llegadas por prioridades*

A partir del análisis estadístico realizado anteriormente, y detallado en el ANEXO 1, podemos establecer unas directrices para el análisis y modelado de las llegadas de los pacientes al sistema.

En primer lugar se debe considerar por separado las diferentes prioridades, que requieren tratamientos distintos dentro del Servicio de Urgencias, tiempos de espera máximos determinados, diferente empleo de recursos... Los pacientes de cada prioridad llegan de acuerdo a procesos de Poisson no homogéneos con diferentes tasas de llegada. Estas tasas de llegadas se ven influidas por la hora del día, día de la semana, etc. Por ello se deberá analizar de forma individual cada tipo de prioridad, para obtener la tasa de llegada correspondiente, acorde con la estacionalidad de las mismas.

En cuanto a la edad de los pacientes, únicamente es importante para el modelo de simulación desde el punto de vista del movimiento por el servicio y las dificultades que presentan los respectivos acompañantes. Por ello se asignarán a todos los pacientes que entren al servicio, su rango correspondientes (1 para personas hasta 80 años, y 2 para el resto). Se asume que **la probabilidad de pertenecer a cada uno de los rangos se mantiene constante a lo largo del tiempo y es independiente de la prioridad.**

Las distinta distribución de llegadas a lo largo de los días, así como a lo largo de las horas, dentro de los mismos según las prioridades, conducirá a un estudio más detallado para afinar los recursos necesarios así como el estudio de tiempos de espera y funcionamiento del sistema, ya que para cada una de ellas, no se debe considerar los mismos baremos.

El análisis cuantitativo consiste en la aplicación de métodos estadísticos como el ANOVA, para determinar la influencia de los distintos factores, la existencia de estacionalidad, etc. en la tasa de llegadas. Éste se desarrolla completamente en el ANEXO 1 para los grupos más numerosos dentro del sistema (Prioridades 3, 4) y para el grupo más grave y urgente (Prioridad 1), por lo que en este apartado se exponen únicamente las conclusiones que se derivan del estudio.

### PRIORIDAD 1. Conclusiones del análisis estadístico (ANEXO 1)

Los pacientes de prioridad 1 no son significativamente diferentes a lo largo del año, tipo de día, día dentro de la semana, etc. Pero sí tiene un patrón de llegadas diferente a lo largo de las diferentes horas del día de acuerdo a una distribución Poisson siguiente la siguiente distribución de probabilidad:

$$P(X = k) = \begin{cases} \frac{e^{-(\lambda t)} (\lambda t)^k}{k!} & , \text{ si } k = 0, 1, \dots, n, \dots \\ 0 & \text{ en otro caso} \end{cases}$$

Donde  $k$  representa el número de ocurrencias del evento que se desea averiguar,  $e$  representa la base del logaritmo neperiano y  $\lambda$  es el promedio de eventos por unidad de tiempo. En esta distribución, la media y la varianza coinciden con este último parámetro.

En este caso tenemos los siguientes valores del parámetro  $\lambda_i(t)$ , tasa media de llegada del paciente de categoría  $i$  en el instante  $t$ :

$$\lambda_1(t) = \begin{cases} 0,0712 & si & 0:00 \leq t < 1:00 \\ 0,0712 & si & 1:00 \leq t < 2:00 \\ 0,0740 & si & 2:00 \leq t < 3:00 \\ 0,0767 & si & 3:00 \leq t < 4:00 \\ 0,0493 & si & 4:00 \leq t < 5:00 \\ 0,0521 & si & 5:00 \leq t < 6:00 \\ 0,0493 & si & 6:00 \leq t < 7:00 \\ 0,0466 & si & 7:00 \leq t < 8:00 \\ 0,0438 & si & 8:00 \leq t < 9:00 \\ 0,1123 & si & 9:00 \leq t < 10:00 \\ 0,1890 & si & 10:00 \leq t < 11:00 \\ 0,1781 & si & 11:00 \leq t < 12:00 \\ 0,2329 & si & 12:00 \leq t < 13:00 \\ 0,1781 & si & 13:00 \leq t < 14:00 \\ 0,1836 & si & 14:00 \leq t < 15:00 \\ 0,2082 & si & 15:00 \leq t < 16:00 \\ 0,1452 & si & 16:00 \leq t < 17:00 \\ 0,1260 & si & 17:00 \leq t < 18:00 \\ 0,1205 & si & 18:00 \leq t < 19:00 \\ 0,1260 & si & 19:00 \leq t < 20:00 \\ 0,0986 & si & 20:00 \leq t < 21:00 \\ 0,1068 & si & 21:00 \leq t < 22:00 \\ 0,0904 & si & 22:00 \leq t < 23:00 \\ 0,0932 & si & 23:00 \leq t < 0:00 \end{cases}$$

## PRIORIDAD 2. Conclusiones del análisis estadístico.

En primer lugar se aprecia una influencia notable en la tasa de llegadas de los pacientes de prioridad 2 a lo largo de los diferentes meses del año, que da lugar a dos agrupaciones diferenciadas dentro de la prioridad 2:

- Enero – Septiembre
- Octubre – Diciembre

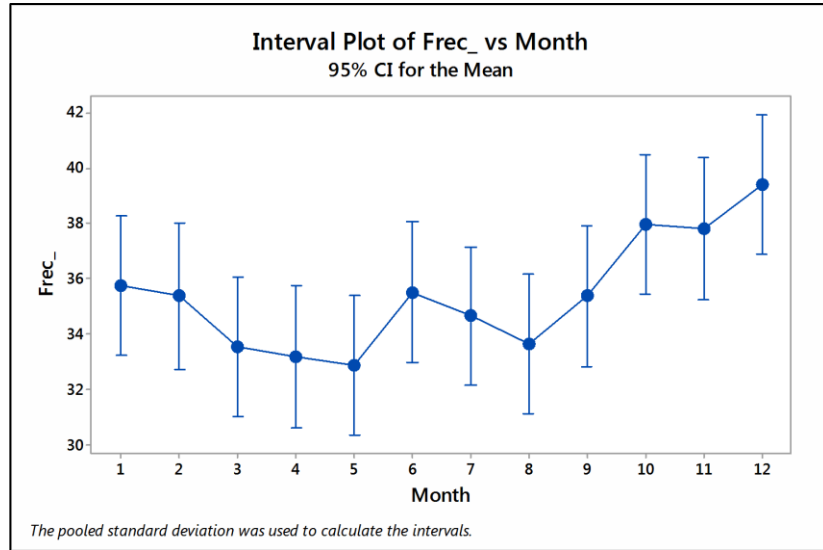


Figura 41. Intervalos de confianza de la tasa de llegadas de prioridad 2 a lo largo de los meses.

Ambas agrupaciones no se ven influenciadas por el tipo de día pero sí por el día de la semana, ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.7.

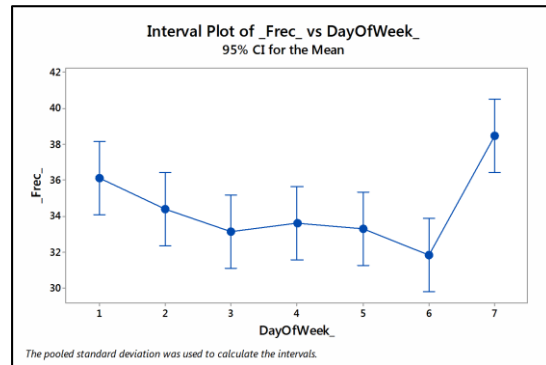


Figura 42. Influencia días de la semana en el período enero-septiembre en la primera gráfica, y en el período octubre-diciembre en la segunda.

Con ello concluimos que las tasas de llegadas en función del tiempo para la prioridad 2, serán diferente para los diferentes días del año:

$$\lambda_{i,j,k}(t) \quad \text{donde} \quad \begin{cases} i = 2 \text{ (prioridad 2)} \\ j = \begin{cases} 1 & \text{enero - septiembre} \\ 2 & \text{octubre - diciembre} \end{cases} \\ k = \begin{cases} 1 & \begin{cases} \text{Domingo (j=1)} \\ \text{Domingo y lunes (j=2)} \end{cases} \\ 2 & \begin{cases} \text{Lunes-Sábado (j=1)} \\ \text{Martes-Sábado (j=2)} \end{cases} \end{cases} \end{cases}$$

Estos resultados coinciden con las hipótesis planteadas por el personal que trabaja en el servicio de urgencias, que apuntan que durante los últimos meses del año, (entre octubre y diciembre) debido al clima y las infecciones respiratorias, que se van retrasando con el cambio climático, los pacientes requieren prioridad elevada (inversa al índice de codificación, menor cuanto más gravedad). Así mismo, el personal las salidas nocturnas del fin de semana producen un aumento en los pacientes de este tipo de gravedad el domingo y principio de semana.

Las 4 tasas de llegada media en función del tiempo asociadas a los 4 tipos de día diferenciados para esta prioridad (domingo de los meses de enero a septiembre, resto de días de los meses de enero a septiembre, domingo y lunes de los meses de octubre a diciembre, y resto de días de los meses de octubre a diciembre) están recogidas en tabla del anexo 1 de análisis de distribuciones por prioridad.

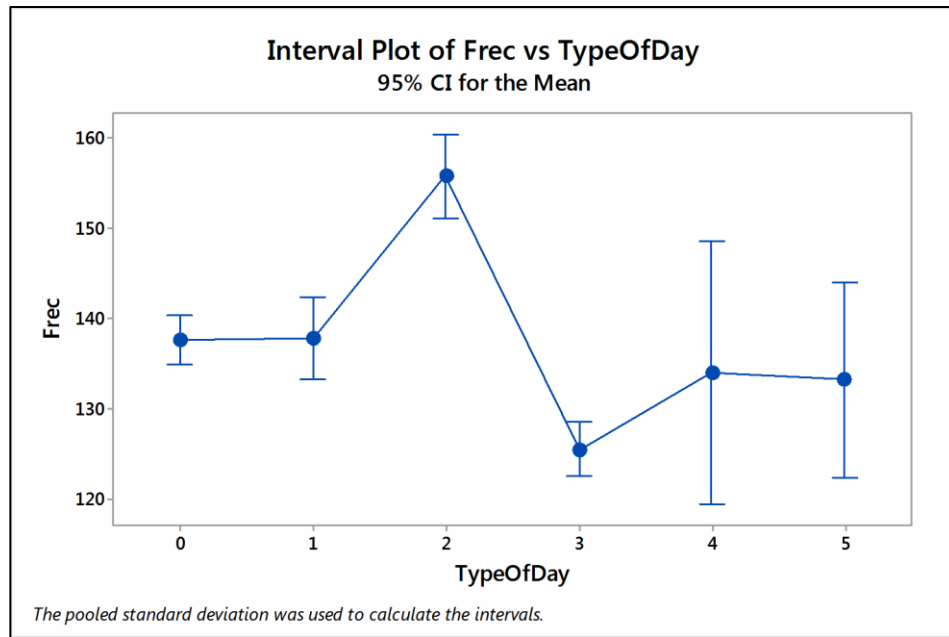
### PRIORIDAD 3. Conclusiones del análisis estadístico (ANEXO 1).

El estudio de los factores de influencia de la prioridad 3 se detalla en el anexo 1 con sus correspondientes contrastes de hipótesis.

En primer lugar se aprecia que no hay estacionalidad significativa a lo largo del año, con un mantenimiento constante a lo largo de los meses y dentro de los días de los mismos. Sin embargo, se ve una influencia clara de los tipos de días y días dentro de la semana.

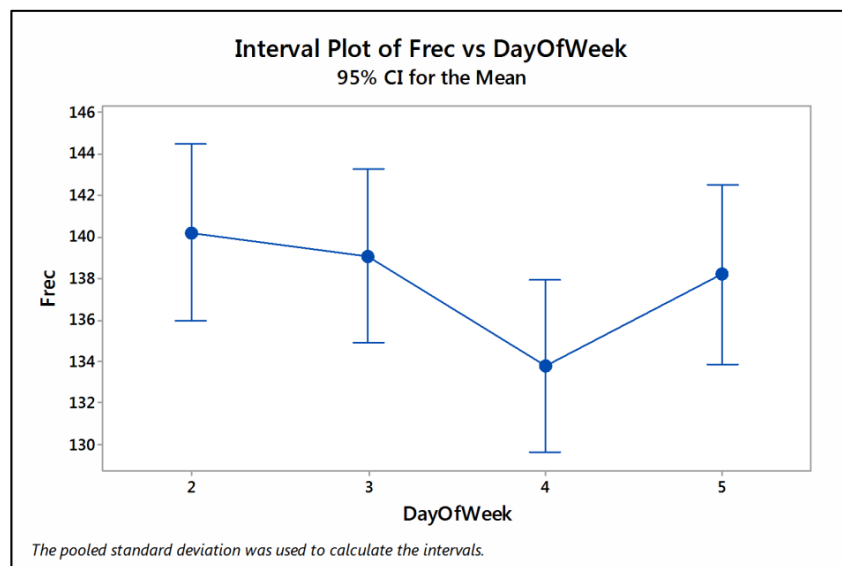
En primer lugar se realiza una división que agrupa los siguientes días:

- POS-FESTIVOS: en este grupo se incluirán los que anteriormente denominábamos grupos 2 y 4 (post-festivos y entre-festivos, que también pueden ser considerados como pos-festivos).
- LABORABLES (no pos-festivos): se incluyen los días de los grupos 0 y 1 (laborables no post-festivos y laborables pre-festivos).
- FESTIVOS: Grupo formado por los festivos y Sanfermines.



**Figura 43. Intervalos de confianza de la tasa de llegadas de prioridad 3 a lo largo de los tipos de días.**

Dentro de los mismos grupos, las diferencias entre los diferentes festivos (sábados, domingos, y resto de festivos) no son significativas, así como las diferencias entre diferentes pos-festivos a lo largo del año. Sin embargo dentro del grupo de las llegadas de los días laborables sí que se aprecia una clara tendencia descendente a lo largo de los días de la semana con un ligero cambio en la tendencia los viernes (días de revisión y renovación de bajas).



**Figura 44. Intervalos de confianza para la tasa de llegadas por hora de la prioridad 3 dentro de los días laborables.**

Con ello concluimos que las tasas de llegadas en función del tiempo para la prioridad 3, serán diferentes para los diferentes días del año:

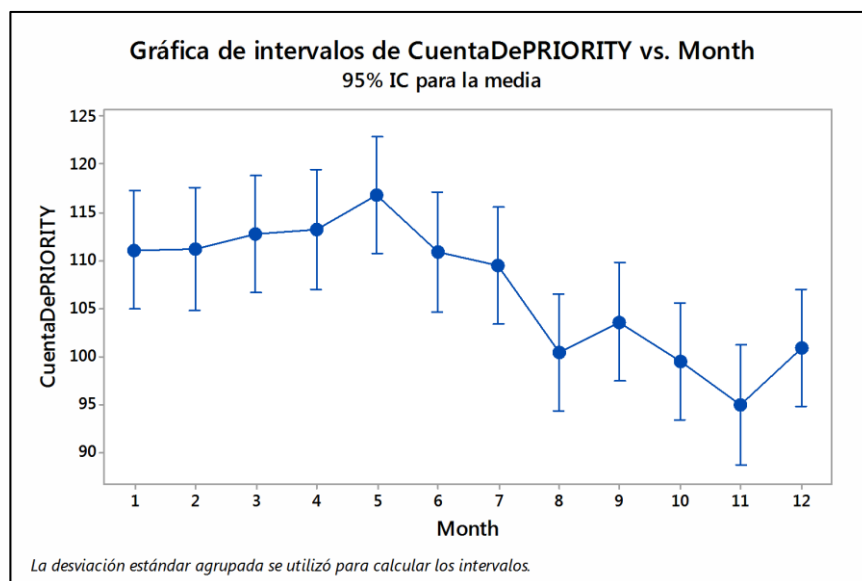
$$\lambda_{i,j,k}(t) \quad \text{donde} \quad \begin{cases} i = 3 \text{ (prioridad 3)} \\ j = \begin{cases} 1 & \text{laborables} \\ 2 & \text{pos - festivos} \\ 1 & \text{festivos} \end{cases} \\ k = \begin{cases} 1 & \text{Martes, miércoles y viernes si } j = 1 \\ 2 & \text{Jueves si } j = 1 \end{cases} \end{cases}$$

Las 4 tasas de llegada medias en función del tiempo que dan lugar las agrupaciones anteriores en función del tipo de día y día de la semana dentro de los mismos para esta prioridad (festivos; pos-festivo; laborable martes, miércoles y viernes; y laborables jueves) están recogidas en tablas del anexo 1 de análisis de distribuciones por prioridad.

#### PRIORIDAD 4. Conclusiones del análisis estadístico (ANEXO 1).

A medida que avanzamos en la prioridad, y por tanto descendemos la gravedad del paciente que acude al servicio de urgencias, se observa una mayor influencia de los diferentes factores considerados.

El estudio de los factores de influencia de la prioridad 4 se detalla en el anexo 1 con sus correspondientes contrastes de hipótesis. En primer lugar se aprecia que existe estacionalidad significativa a lo largo de los meses del año, así como diferencia dentro de los mismos entre los diferentes tipos de días.



**Figura 45. Número medio de llegadas por día del mes de pacientes de prioridad 4.**



Las agrupaciones finales quedan de la siguiente manera:

- Enero - Julio
  - Pos-festivos
  - Laborables
    - Martes y viernes
    - Miércoles y jueves
  - Festivos
    - Domingos, miércoles y viernes.
    - Sábado, lunes, martes y jueves.
- Agosto -Diciembre
  - Pos-festivos
  - Laborables
  - Festivos

Tras sanfermines, se produce un descenso de las visitas a urgencias de este tipo de pacientes menos graves. Los trabajadores barajan como hipótesis de la causa de esta menor afluencia de pacientes, a un posible descenso de la población existente debido a las escapadas de vacaciones que suelen producirse en dichas fechas.

Con ello concluimos que las tasas de llegadas en función del tiempo para la prioridad 4, serán diferentes para los diferentes días del año:

$$\lambda_{i,j,k,l}(t) \quad \text{donde} \quad \begin{cases} i = 4 \text{ (prioridad 4)} \\ j = \text{meses dentro del año} \\ k = \text{tipo de día} \\ l = \text{día de la semana} \end{cases}$$

Las 8 tasas de llegada medias en función del tiempo que dan lugar las agrupaciones anteriores en función del período dentro del año, tipo de día y día de la semana dentro de los mismos para esta prioridad están recogidas en tablas del anexo 1 de análisis de distribuciones por prioridad.

#### PRIORIDAD 5. Conclusiones del análisis estadístico

En primer lugar se aprecia que existe estacionalidad significativa a lo largo de los meses del año, así como diferencia dentro de los mismos entre los diferentes tipos de días.

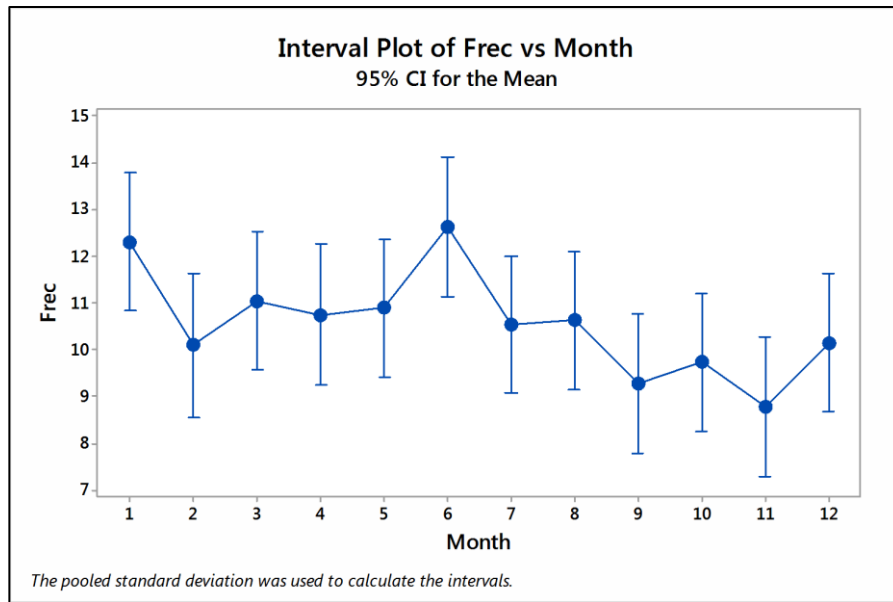


Figura 46. Número medio de llegadas por día del mes de pacientes de prioridad 4.

Las agrupaciones finales quedan de la siguiente manera:

- Enero - Junio
  - Pos-festivos
  - Laborables
  - Festivos
- Julio-Diciembre
  - Pos-festivos
  - Laborables
  - Festivos

En este caso observamos que influye todavía más el factor humano, como se puede apreciar descendiendo con el fin del verano y la temporada de piscinas, vaquillas de fiestas, etc. y se produce un valle hasta volver a despuntar en el puente foral (principio de diciembre), tal y como reflejan los comentarios realizados por el personal de urgencias.

Con ello concluimos que las tasas de llegadas en función del tiempo para la prioridad 5, serán diferente para los diferentes días del año:

$$\lambda_{i,j,k}(t) \quad \text{donde} \quad \begin{cases} i = 5 \text{ (prioridad 5)} \\ j = \text{período dentro del año} \\ k = \text{tipo de día} \end{cases}$$

Las 6 tasas de llegada medias en función del tiempo que dan lugar las agrupaciones anteriores en función del período dentro del año y tipo de están recogidas en tablas del anexo 1 de análisis de distribuciones por prioridad.

### Conclusión

La tasa de llegadas además de variar en función de las prioridades y las diferentes horas del día, varía debido a la influencia del comportamiento humano.

En prioridades 1 y 2 (pacientes más graves que van a urgencias por necesidad y que no pueden posponer su visita) la variabilidad es mucho menor que aquellos con dolencias menores cuya visita no es imprescindible y de hecho debería hacerse en la mayoría de los casos en médico de cabecera o solicitando una consulta para el especialista determinado.

En casos de prioridades menos graves se observa como los factores como el tiempo meteorológico, la época del año, el tipo de día... afecta a su tasa de llegadas, ya que se ve influenciada por el comportamiento humano.

### **5.2.4 PROBABILIDADES DE RAMIFICACIÓN**

A modo de ejemplo se van a trazar los diferentes flujos de una de las prioridades a lo largo del circuito asistencial, en concreto de la prioridad 4, que representa un mayor volumen de pacientes dentro del circuito A o de leves.

Mediante el empleo de tabulación cruzada se realizan las posibles combinaciones de pruebas complementarias, consultas e interconsultas, que dan lugar a los distintos itinerarios que pueden seguir los pacientes dentro del sistema. Estas se obtienen a partir de las características de los pacientes cuya relación se ha demostrado con análisis previos de datos.

Durante la obtención de la proporción de pacientes que sigue cada uno de los itinerarios principales dentro del sistema y de las distribuciones asociadas a la realización de diferentes pruebas complementarias, se han puesto al descubierto algunas de las carencias o errores del sistema de recogida de datos, que han dado lugar a incompatibilidades (realización de pruebas previa a su solicitud), ausencia de campos, etc.

De manera breve se va a exponer uno de estos casos en los que ha sido necesaria la corrección de los datos de los ficheros proporcionados para conseguir un modelo representativo de la realidad, como es el registro de solicitud de Rx desde triaje. Este registro se realiza de forma manual por parte de las enfermeras de triaje, escribiendo al lado del código [30007] la palabra "traje".

Tras un primer análisis, el porcentaje de pacientes cuya ficha de triaje reflejaba la existencia de solicitud de Rx directa desde el mismo era muy pequeño. Esto resultaba contrario a la percepción de las enfermeras y trabajadores del servicio de urgencias por lo que se realizó un

análisis del tiempo transcurrido entre triaje y la solicitud de Rx (en caso de haberla) obteniendo el siguiente histograma:

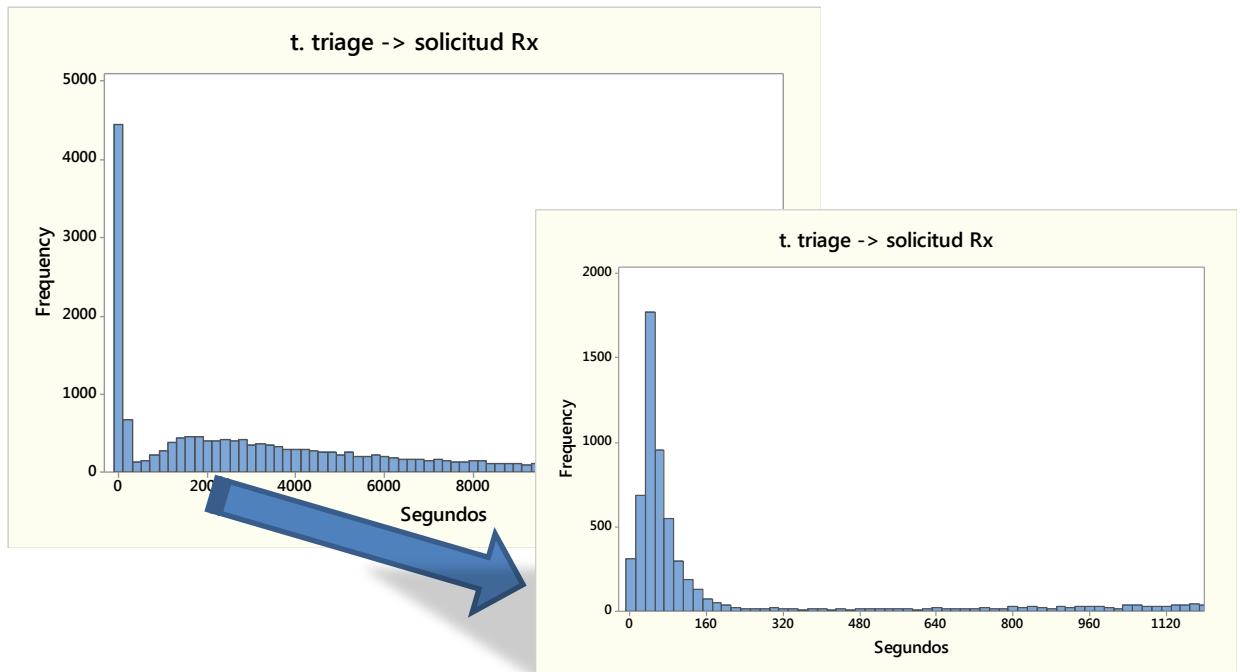


Figura 47. Tiempo transcurrido desde triaje hasta la solicitud de Rx.

E correspondientes a las peticiones de Rx realizadas desde triaje, y aquellas solicitadas tras la primera visita con el médico.

Se observaron dos claras poblaciones cuyo límite podía establecerse en 600 segundos, 10 minutos, con lo que se corrigieron los registros de solicitud de Rx tras triaje y se procedió al cálculo de flujos dentro del sistema.

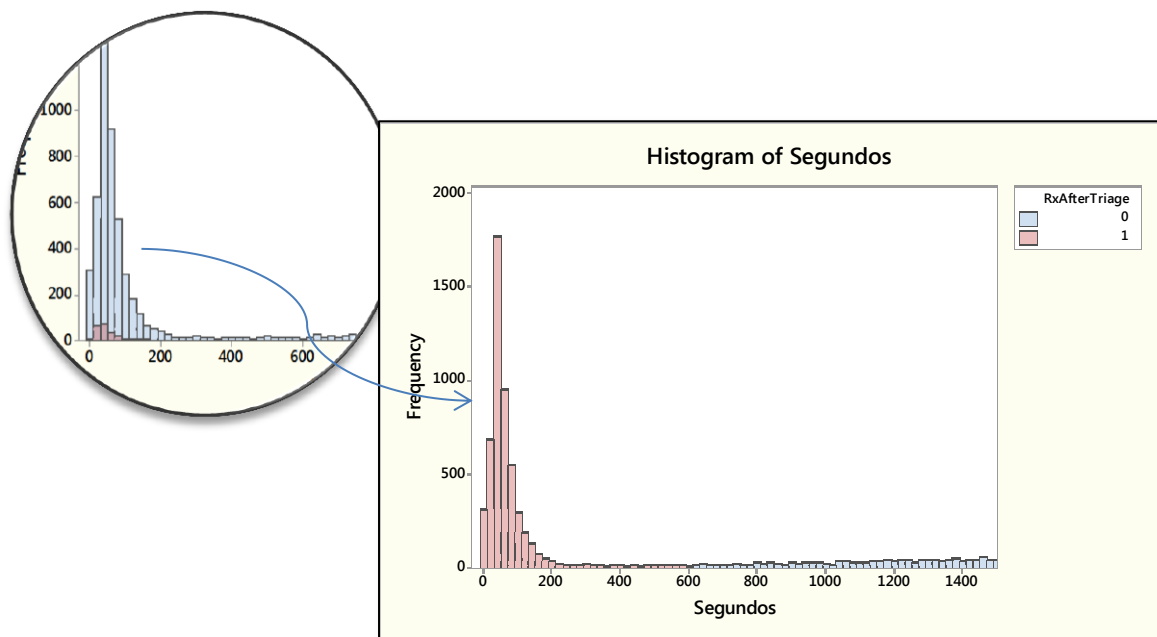


Figura 48. Corrección en la base de datos de la caracterísita "RxAfterTriage"

Una vez corregidos éste y otros errores no detallados en el presente trabajo, se realiza la tabulación cruzada para asignar el punto de partida de cada paciente dentro de su prioridad, es decir, si su primer proceso dentro del sistema es un proceso de triaje en el que:

- Se realiza ECG (considerado a partir de ahora como tipo 1).
- No se realiza ECG ni se le solicitan pruebas de Rx desde triaje (tipo 2).
- No se realiza ECG pero sí se le solicitan pruebas de Rx directamente desde triaje antes de la primera consulta con el médico correspondiente del circuito asistencial (tipo 3).

Rows: ECG Triage		Columns: RxAfterTriage		
		0	1	All
0		32139	5309	37448
		85,82	14,18	100,00
		99,92	100,00	99,93
		85,766	14,168	99,933
1		25	0	25
		100,00	0,00	100,00
		0,08	0,00	0,07
		0,067	0,000	0,067
All		32164	5309	37473
		85,83	14,17	100,00
		100,00	100,00	100,00
		85,832	14,168	100,000
Cell Contents:		Count		
		% of Row		
		% of Column		
		% of Total		

Figura 49. Cross-tabulation: tipo de triaje.

Estos tipos de triaje dan lugar a tres situaciones iniciales de partida para cada prioridad, a partir de las cuáles surgen diferentes ramificaciones a partir de las características de los pacientes cuya relación se ha demostrado con análisis previos de datos.

Dentro de cada uno de los tipos de triaje anteriormente nombrados nos encontramos con diferentes destinos en el sistema de urgencias: circuito A, B u otros destinos (ingreso directo, UCI...), que a su vez contienen diferentes itinerarios internos. A continuación se muestra el ejemplo de ramificación inicial de los pacientes de prioridad 4 anteriormente clasificados por tipo de triaje:

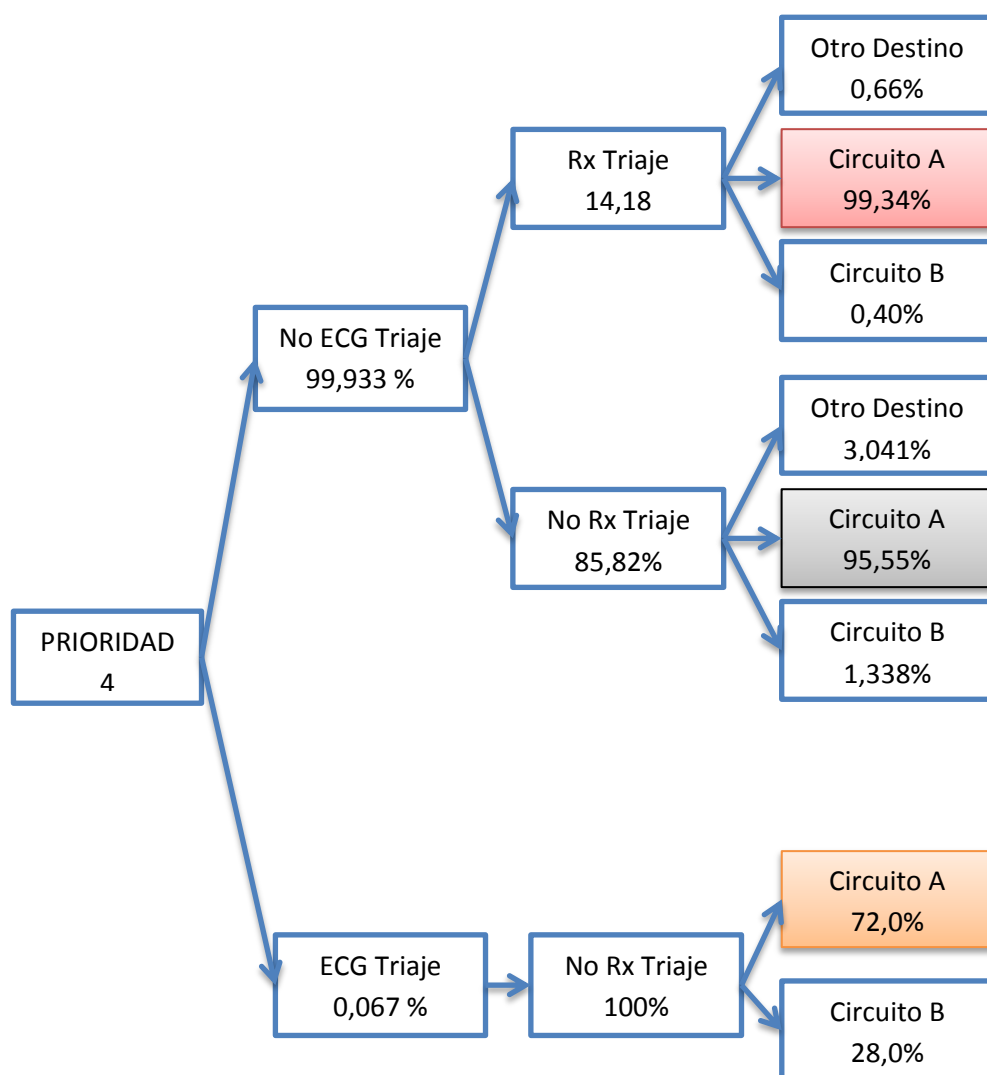


Figura 50. Ramificación flujo de pacientes de prioridad 4 dentro del sistema.

Cada uno de los bloques sombreados representa los pacientes de cada prioridad destinados al circuito A, objeto principal del estudio cuyo proceso de triaje ha sido diferente (tipo 1, 2 ó 3).

Mediante el empleo de los atributos “Eq Medico Assigned” e “Interconsulta” que indican si el paciente ha sido destinado directamente a una interconsulta o si por el contrario dispone de médico asignado, se trazan los tres posibles itinerarios principales para cada uno de los 3 bloques anteriores.

En primer lugar se analizan los pacientes asignados al circuito A en cuyo triaje se ha realizado ECG. El 33,33% de los mismos sale del servicio tras una primera consulta, mientras el resto permanece a la espera de realización de pruebas complementarias solicitadas y una posterior segunda consulta de resolución.

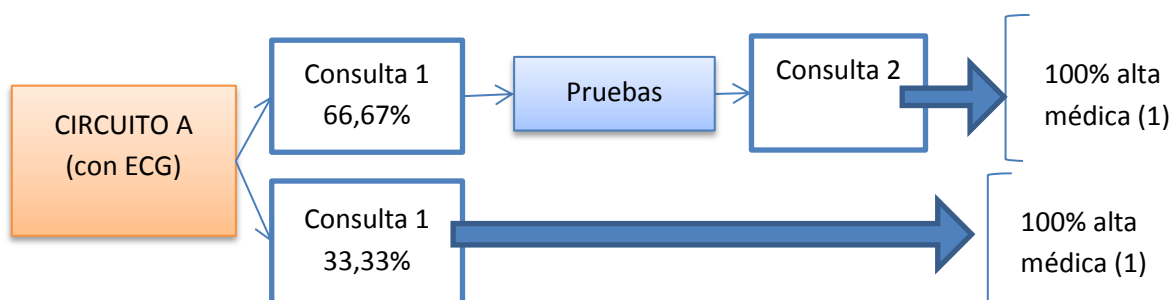


Figura 51. Ramificación de pacientes de prioridad 4 que han sido triados según el triaje tipo 1 (realización de ECG).

Dentro de los bloques que engloban “pruebas” o interconsultas” existen numerosos itinerarios cuyos porcentajes se detallan en tablas posteriores. En cuanto a los pacientes a los que no se les ha realizado ECG en triaje, ni solicitud de Rx desde el mismo, el 10,08% tiene especialista asignado pero no médico del circuito (solicitud especialista desde el principio del servicio).

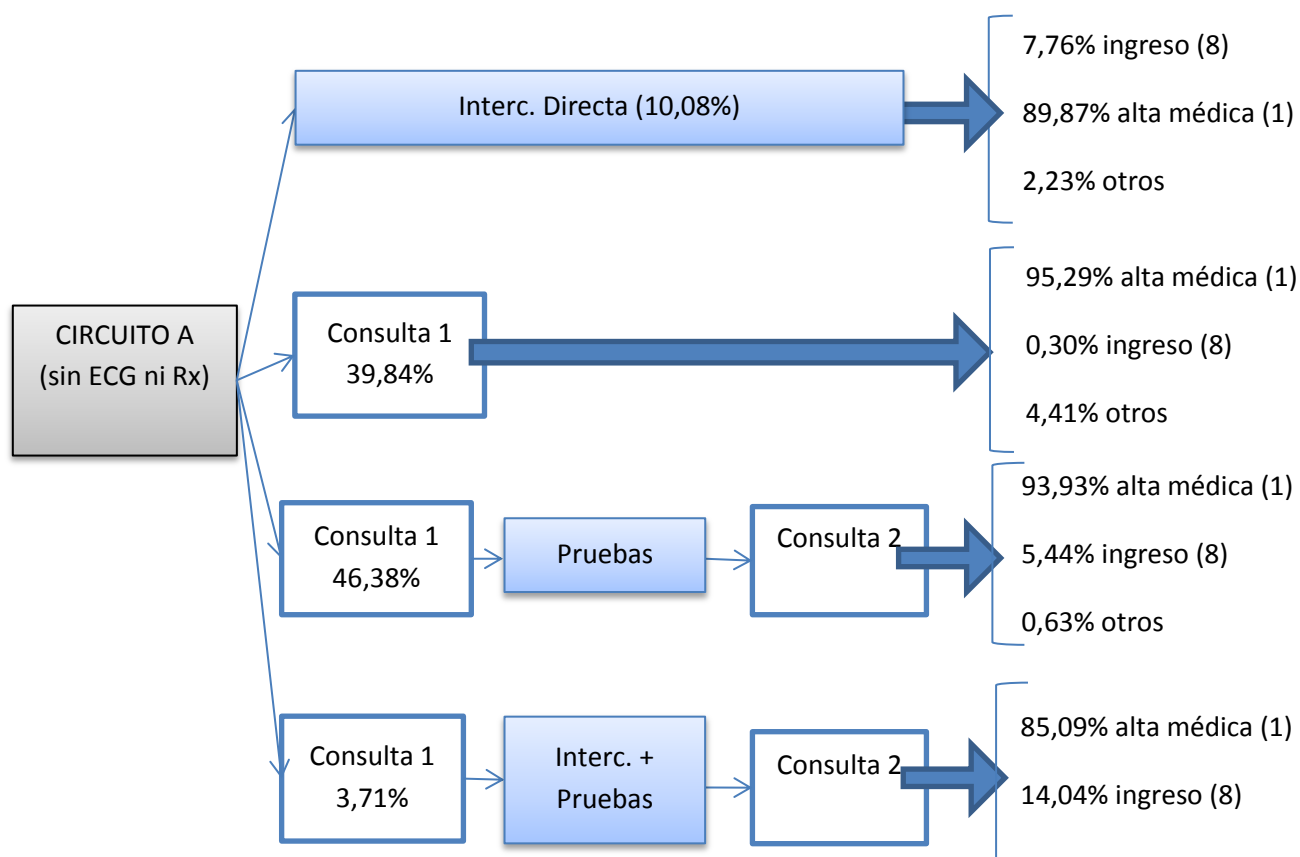


Figura 52. Ramificación de pacientes de prioridad 4 que han sido triados según el triaje tipo 2 (sin realización de ECG ni solicitud de Rx directa).

A continuación se muestra el flujo posible de los pacientes de prioridad 4 que salen de triaje con solicitud de Rx directa, para tener una primera asistencia del médico ya con los resultados de la placa, que en ocasiones ha de repetirse.

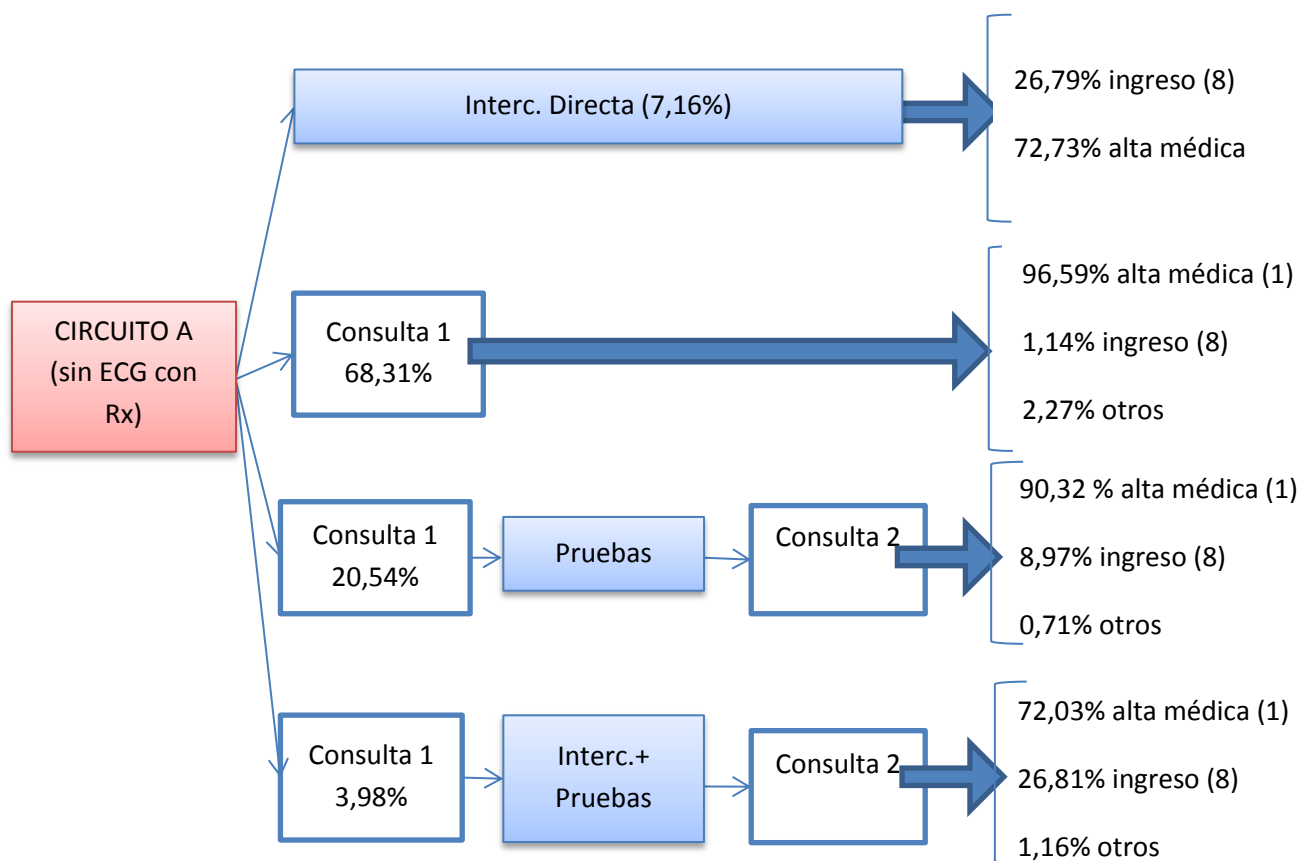


Figura 53. Ramificación de pacientes de prioridad 4 que han sido triados según el triaje tipo 2 (sin realización de ECG con solicitud de Rx directa).

De forma análoga se realiza el flujo de pacientes para todas las prioridades e itinerarios dentro del mismo. Para su mejor comprensión se realiza una tabla que contiene todas las combinaciones posibles de pacientes de cada prioridad, con los porcentajes de los mismos desglosados en cada posible bifurcación del flujo.

En las tres hojas siguientes se representan el flujo de pacientes de prioridad 3, 4 y 5 dentro del sistema, cuyos valores de probabilidad se introducirán posteriormente en el programa de simulación ARENA.



PRIORIDAD 4	0,0677 ECG	100 noRx	28,72 Circuito B	31,833 Consulta	83 Rx	11,11 1 Rx	100 Mismo t	44,44 Max(Sangre)	
			71,28 Circuito A	5,7556 Consulta-Interconsulta-Consulta		88,89 2 Rx	100 Mismo t		
				62,412 Consulta-Pruebas-Consulta					
	99,932 NoECG	85,197 noRx	3,041 Otros Destinos						
			1,338 Circuito B						
			95,62 Circuito A	10,076 Interconsulta directa					
			39,837 Consulta y salir	46,38 Consulta Pruebas Consulta	78,241 Max(Sangre)				
				21,191 Max(Orina)	0,567 Max(Cultivos)				
			88,76 Solicitud	0,23 (99)Otras Pruebas	99,77 Rx	64,2 1 Rx	1 Mismo t	40,21 Max(Sangre)	
						25,48 2 Rx	82,89 Mismo t	1,588 Max(Orina)	
			10,12 3 Rx	54,55 Mismo t	0,044 Max(Cultivos)				
			3,7076 Consulta Interconsulta Consulta						
	14,74 si Rx	0,564 Otros Destinos							
		0,396 Circuito B							
		99,34 Circuito A	85,552 Consulta y salir						
			10,57 Max(Sangre)						
			0,336 Max(Orina)						
			0,168 Max(Cultivos)						
		11,301 Consulta Pruebas Consulta	88,93 Solicitud	0,16 (99)Otras Pruebas	99,84 Rx	64,63 1 Rx	100 Mismo t	9,732 Max(Sangre)	
85 1 Rx0				25,33 2 Rx	20,94 Mismo t	0,168 Max(Orina)			
13,58 2 Rx0				10,04 3 Rx	5,44 Mismo t	0 Max(Cultivos)			
1,45 3 Rx0									
			1,6686 Consulta Interconsulta Consulta						

Tabla 3. Flujo de pacientes de prioridad 4 en los diferentes itinerarios dentro del sistema.

PRIORIDAD 5	100 NoECG	90 no Rx	11. Otros Destinos		16.13 Max(Sangre) 1,00 Max(Orina)
			87 Circuito A	2. Circuito B	
			45 Interconsulta directa		
			35.7 Consulta y salir		
			35.3 Consulta Pruebas Consulta	73.68 Max(Sangre) 21.05 Max(Orina)	
			35.8 Max(Cultivos)		
			0.7920 Solicitud	0.8439 1 Rx 0.2 1 Rx	1 Mimet 0.0143 Mimet 0.0429 Mimet
			46.3 Consulta interconsulta Consulta		
			46.3 Consulta interconsulta Consulta		
			46.3 Consulta interconsulta Consulta		
			46.3 Consulta interconsulta Consulta		
			46.3 Consulta interconsulta Consulta		
PRIORIDAD 3	0.398 ECG 99.702 NoECG	100 no Rx 94.49 no Rx	1. Otros Destinos		72.41 Max(Sangre)
			98 Circuito A	2. Circuito B	
			12.1 Consulta y salir		
			1.3 Consulta Pruebas Consulta	33.33 Max(Sangre) 0. Orina	
			0. Cultivos		
			100 Solicitud	0.99 Otras Pruebas	100 1 Rx 100.00% Mimet 0.2 Rx 0 Mimet 0.3 Rx 0 Mimet
			62.9 Consulta interconsulta Consulta		
			26.3 Interconsulta Directa		
			46.374 Circuito A		
			54.27 Circuito A		
			19.66 Consulta y salir		
			80.34 Consulta Pruebas Consulta	100 Max(Sangre) 90.2 Rx 75.86 1 Rx 13.79 2 Rx 10.34 3 Rx	100% Mimet 100% Mimet
PRIORIDAD 3	0.398 ECG 99.702 NoECG	100 no Rx 94.49 no Rx	0.86 Otros Destinos		46.43 Max(Sangre) 1.005 Max(Orina) 0.017 Max(Cultivos)
			46.64 Circuito B	50.81 Circuito A	
			7.59 Interconsulta directa	100	
			28.84 Consulta y salir		
			57.07 Consulta Pruebas Consulta	89.44 Sangre 10.37 Orina 0.118 Cultivos	
			54.2 Solicitud	0.46 99 Otras Pruebas	1 Mimet 1 Mimet 1 Mimet
			99.54 Rx	60.72 1 Rx 26.39 2 Rx 12.58 3 Rx	46.43 Max(Sangre) 1.005 Max(Orina) 0.017 Max(Cultivos)
			6.1 Consulta interconsulta Consulta	31.33 2 30.72 3 25.83 4 21.28 4700	
			6.1 Consulta interconsulta Consulta		
			6.1 Consulta interconsulta Consulta		
			6.1 Consulta interconsulta Consulta		
			6.1 Consulta interconsulta Consulta		
PRIORIDAD 3	0.398 ECG 99.702 NoECG	100 no Rx 94.49 no Rx	0.365 Otros Destinos		23.59 Max(Sangre) 1 Max(Orina)
			12.47 Circuito B	82.18 Circuito A	
			65.99 Consulta y salir	97.65 Sangre 2.34 Orina	
			24.86 Consulta Pruebas Consulta	82.4 Solicitud	
			0.2 99 Otras Pruebas	99.8 Rx	1 Mimet 98.78 Mimet 96.37 Mimet
			4.94 Consulta interconsulta Consulta	0.88 2 89.47 3 5.26 4 0.88 99 3.51 4700	
			7.14 Interconsulta Directa	0.95 2 95.73 3 2.97 4 0.95 4700	
			7.14 Interconsulta Directa		
			7.14 Interconsulta Directa		
			7.14 Interconsulta Directa		
			7.14 Interconsulta Directa		
			7.14 Interconsulta Directa		

Tabla 4. Flujo de pacientes de prioridad 3 y 5 en los diferentes itinerarios dentro del sistema.

## 5.2.5 TIEMPOS DE INTERCONSULTAS Y PRUEBAS COMPLEMENTARIAS

En este apartado, a modo de ejemplo, se va a realizar el cálculo de las distribuciones de probabilidad que siguen el tiempo de interconsulta de los pacientes de prioridad 3. A continuación se exponen en la tabla el número de pacientes a los que se les ha solicitado una interconsulta al servicio descrito a lo largo del histórico de un año (2015), el % del total que representan y el número medio de pacientes a la semana que lo necesitaría.

Anualmente se registran 15.620 pacientes de prioridad 3 destinados al circuito A con solicitud de interconsulta, 2.547 de ellos son solicitadas de manera directa desde triaje, sin ser asignados a ningún médico concreto del circuito asistencial.

En este análisis se ha considerado una codificación en la que se consideran los servicios cuya demanda de interconsulta media es inferior a una a la semana como un único grupo (99).

COD_SERV CIO	DES_SERVICIO	Num	%	Pacientes/Sem ana	Codifica do
4103	UNIDAD DE CIRUGIA COLORRECTAL Y PROCTOLO	1	0,025	0,019	99
34300	NEFROLOGÍA	1	0,025	0,019	99
21900	URGENCIAS	1	0,025	0,019	99
34600	NEUMOLOGÍA	1	0,025	0,019	99
20600	GERIATRÍA	1	0,025	0,019	99
34100	ANESTESIA Y REANIMACIÓN	2	0,049	0,038	99
21500	UNIDAD DEL DOLOR	2	0,049	0,038	99
9802	CIRUG ORTOP TRAUMAT- RAQUIS	2	0,049	0,038	99
21400	REUMATOLOGIA	3	0,074	0,058	99
18100	ANESTESIA Y REANIMACION	4	0,098	0,077	99
19301	CIRUGIA TORACICA	5	0,123	0,096	99
20100	DIGESTIVO	5	0,123	0,096	99
4000	MEDICINA INTERNA	6	0,147	0,115	99
20300	DERMATOLOGIA	9	0,221	0,173	99
20800	MEDICINA INTENSIVA UCI	10	0,246	0,192	99
4500	OBSTETRICIA Y GINECOLOGÍA	15	0,368	0,288	99
33100	HOSPITALIZACIÓN DOMICILIARIA	18	0,442	0,346	99
19302	CIRUGIA VASCULAR	56	1,375	1,077	19302
4600	OFTALMOLOGÍA	64	1,571	1,231	4600
21000	NEFROLOGIA	68	1,670	1,308	21000
5000	TRAUMATOLOGÍA HVC	113	2,774	2,173	5000
4200	CIRUGÍA MAXILOFACIAL	119	2,922	2,288	4200
19600	NEUROCIRUGIA	220	5,401	4,231	19600
20700	HEMATOLOGIA	225	5,524	4,327	20700

<b>5400</b>	PSIQUIATRIA (UHP-1)	226	5,549	4,346	5400
<b>4300</b>	CIRUGÍA PLÁSTICA	275	6,752	5,288	4300
<b>20200</b>	CARDIOLOGIA - UNIDAD CORONARIA	334	8,200	6,423	20200
<b>4700</b>	OTORRINOLARINGOLOGÍA	409	10,042	7,865	4700
<b>5100</b>	UROLOGÍA	428	10,508	8,231	5100
<b>4104</b>	UNIDAD DE CIRUGIA DE URGENCIAS	662	16,253	12,731	4104
<b>21200</b>	NEUROLOGIA	788	19,347	15,154	21200
		4073	100,000	78,327	

Tabla 5. Interconsultas solicitadas a pacientes de prioridad 4.

Los datos disponibles en las fichas de “Solicitud de pruebas complementarias” e “Interconsultas” señalan el instante de solicitud de la prueba o interconsulta, y el instante realización, es decir engloba el tiempo de servicio y espera del servicio solicitado.

A continuación se observa el ajuste del total de los datos a las diferentes distribuciones de probabilidad de las interconsultas consideradas anteriormente, con lo que se aprecia a simple vista las diferencias entre las misma.

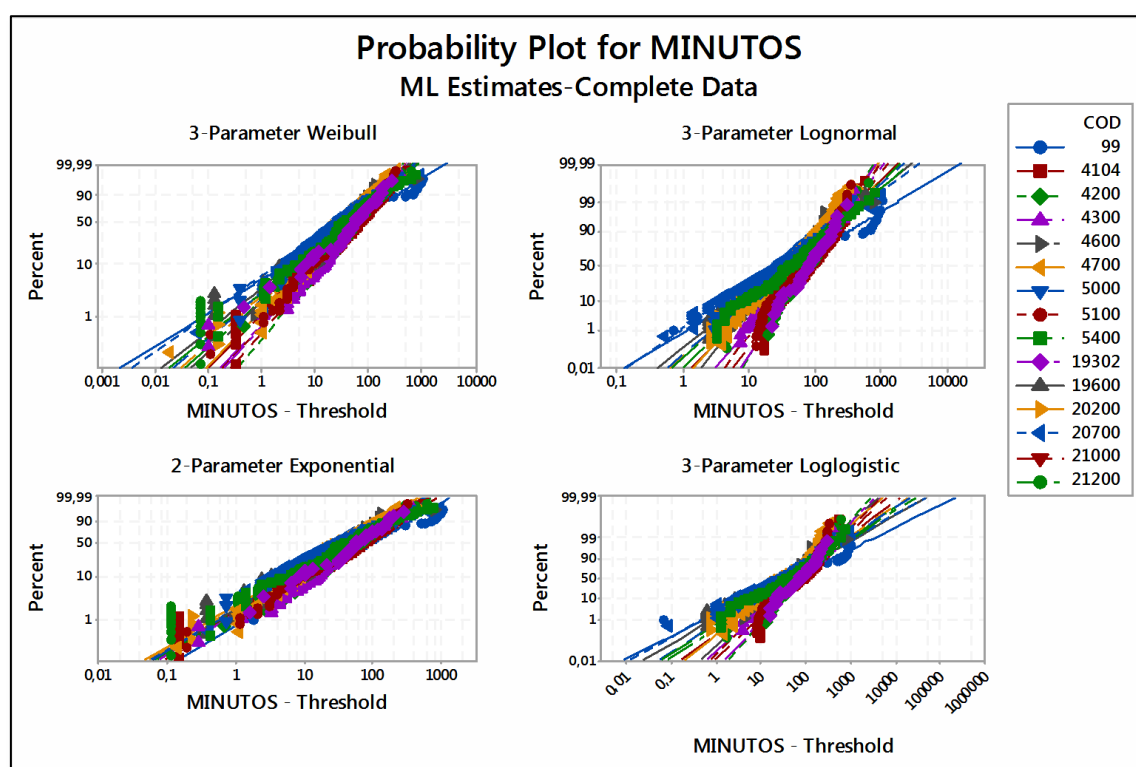
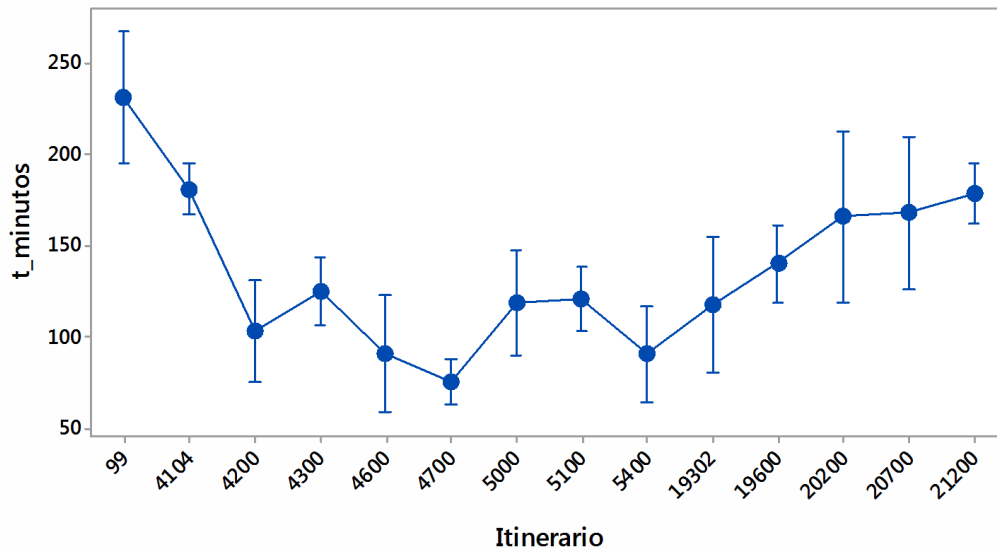


Figura 54. Distribuciones de probabilidad de los tiempos de espera y servicio de interconsultas para prioridad 4

En primer lugar se realiza una comparación entre las medias de tiempo de las distribuciones de la duración ( $t. \text{espera} + t. \text{servicio}$ ) de las consultas anteriormente mencionadas, obteniéndose los siguientes resultados:

Interval Plot of t\_minutos vs Itinerario  
95% CI for the Mean



The pooled standard deviation was used to calculate the intervals.

#### Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

Factor	Levels	Values
Itinerario	14	99; 4104; 4200; 4300; 4600; 4700; 5000; 5100; 5400; 19302; 19600; 20200; 20700; 21200

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Itinerario	13	2412208	185554	17,01	0,000
Error	1318	14375063	10907		
Total	1331	16787271			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
104,435	14,37%	13,52%	11,93%

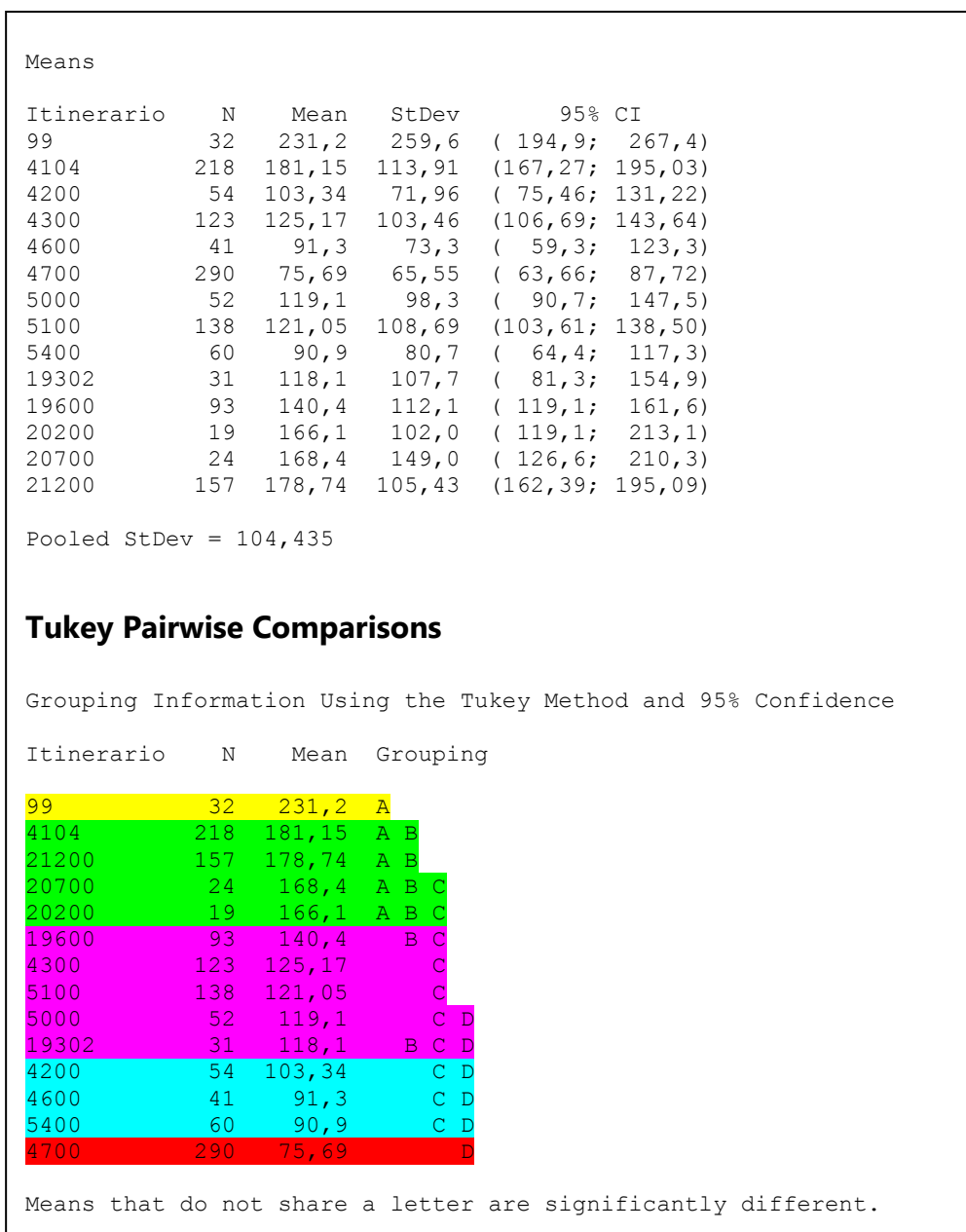


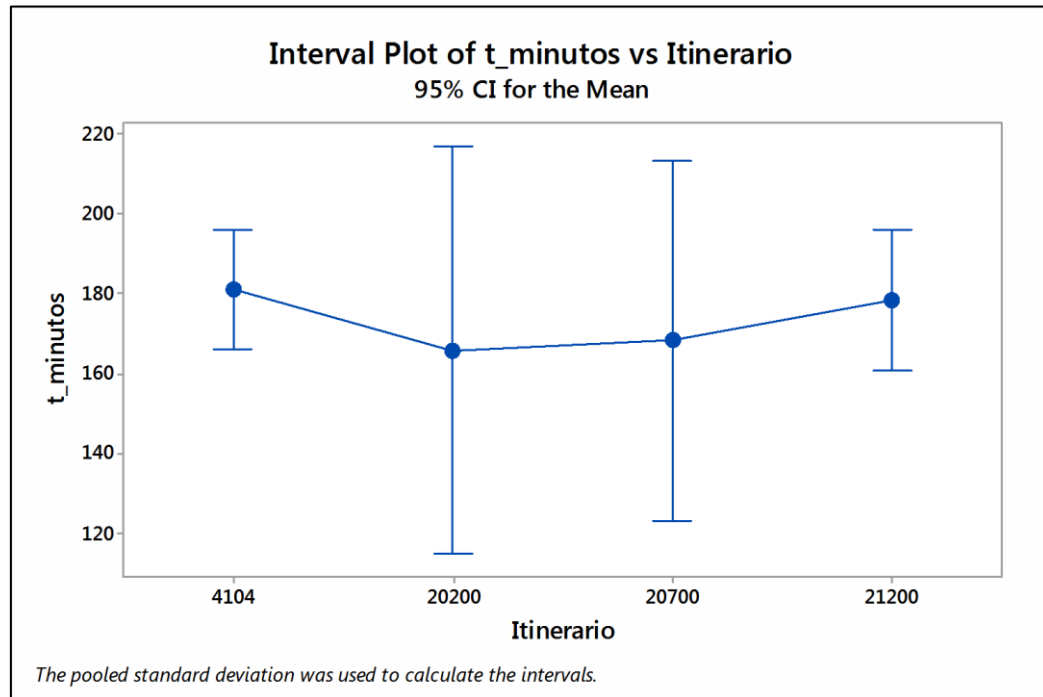
Figura 55. ANOVA para agrupación de interconsultas con medias de tiempo de espera y servicio.

Tras el estudio post-hoc de Tukey de los tiempos de las diferentes interconsultas, se consideran que hay diferencias significativas entre 5 agrupaciones principales de las mismas:

- GRUPO 1: otras interconsultas (99)
- GRUPO 2: formado por 4104, 21200, 20700 y 20200.
- GRUPO 3: formado por 19600, 4300, 5100, 5000, 19302.
- GRUPO 4: formado por 4200, 4600, 5400
- GRUPO 5: 4700, se corresponde con el servicio de mayor demanda de interconsultas, otorrinolaringología, lo que explica la mayor disponibilidad del mismo o su presencia dentro de urgencias, que implica menores tiempos de espera que el resto.

Dentro de cada uno de los grupos anteriormente establecidos se realizan test de igualdad de varianza para comprobar que los miembros de los grupos no son diferentes entre sí.

Concretamente a continuación se expone el test de igualdad de varianza realizado sobre la agrupación dos, quedando demostrado la igualdad en el tiempo de espera+servicio de las interconsultas de dentro del mismo.



Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Itinerario	3	6859	2286	0,18	0,910
Error	414	5247809	12676		
Total	417	5254669			

Figura 56. Análisis de varianza dentro los miembros de un mismo grupo anteriormente formado

Seguidamente se realiza el ID Plot de los datos para comprobar la posible distribución que siguen los mismo. Es este caso se observa un valor mínimo del parámetro Anderson-Darling en la distribución, que marca lo alejados que se encuentran los datos de la distribución ajustada determinada.

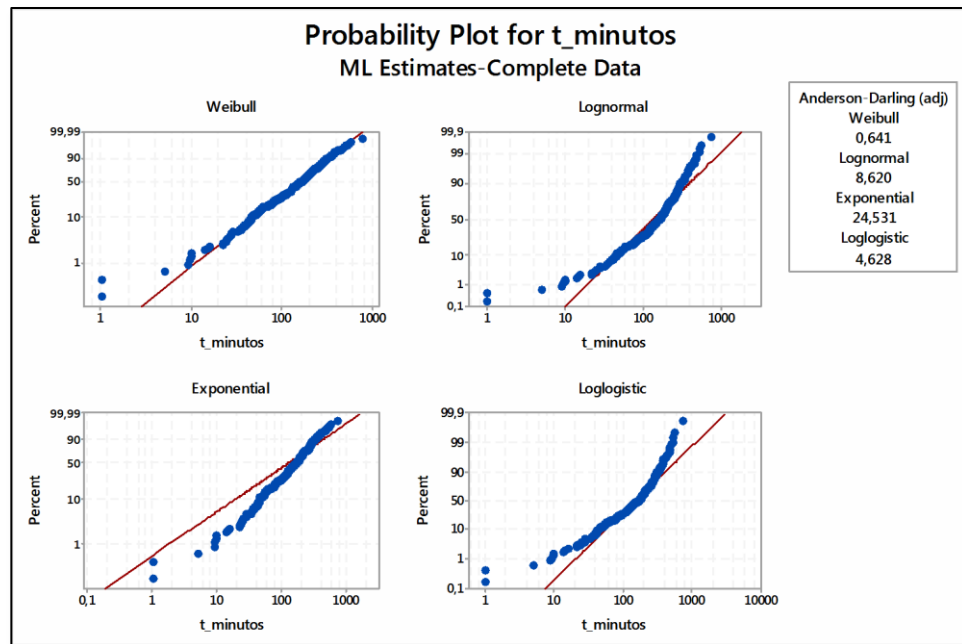


Figura 57. Probability Plot de la distribución de probabilidad del grupo 2 de interconsultas.

Finalmente, mediante el “Probability Plot” se realiza el ajuste de la distribución correspondiente para comprobar que el p-valor del estadístico de contraste es superior a 0,05, y por tanto no podemos afirmar que existan diferencias significativas entre la distribución y nuestros datos.

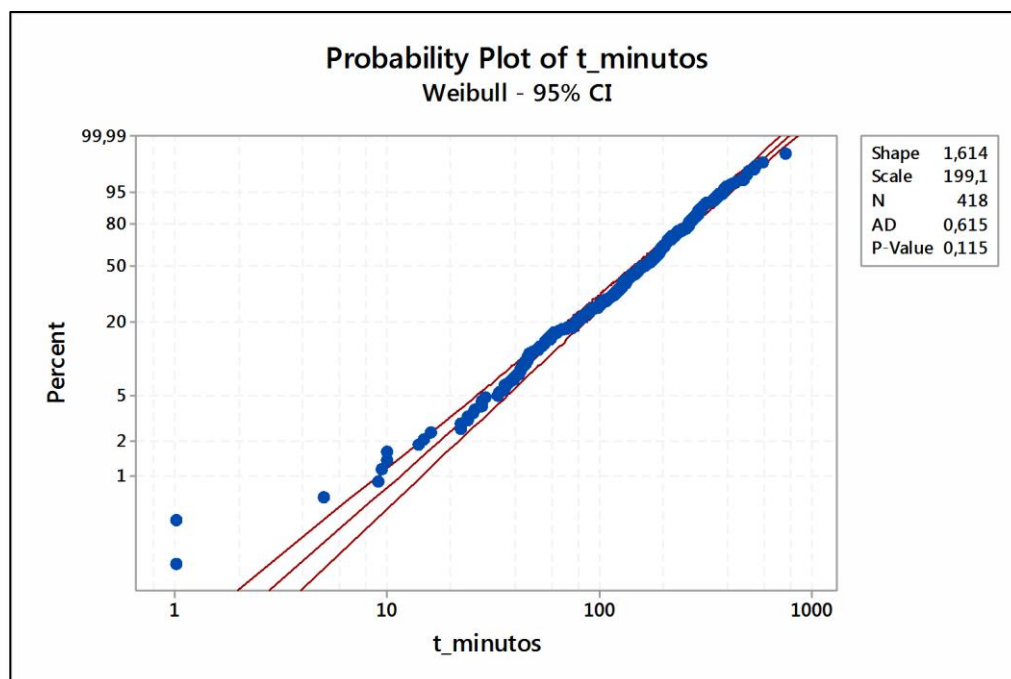


Figura 58. Probability Plot del tiempo de interconsultas del grupo 2 ajustado a una distribución Weibull



A continuación se realiza el ajuste del resto de distribuciones correspondientes a la realización de pruebas complementarias y resto de interconsultas de todas las prioridades, obteniéndose la siguiente tabla resumen con los grupos establecidos en los análisis correspondientes:

<b>PRIORIDAD 3</b>	
Interc grupo 1	WEIBULL(137.4,1.241)
Interc grupo 2	WEIBULL(199.1,1.614)
Interc grupo 3	WEIBULL(134.4, 1.218)
Interc grupo 4	WEIBULL(103.1, 1.286)
Interc grupo 5	LOGNORMAL(4.036, 0.8111)
OtrasPruebas	LOGNORMAL(3.298, 0.9076)
1 Rx Franja horaria 1	LOGNORMAL(3.022, 0.7529)+1.917
1 Rx Franja horaria 2	LOGNORMAL(2.926, 0.6055)
2 Rx en el mismo t.	LOGNORMAL(3.912, 1.056)
2 Rx ≠i instantes	LOGNORMAL(4.658, 0.7462)
≥3Rx en el mismo t.	WEIBULL(82.44, 0.9586)+4.066
≥3 Rx ≠i instantes	WEIBULL(152.1, 2.037)
Idirecta	LOGNORMAL(5.647, 0.5285)
1 placa	LOGLOGISTIC (2.646, 0.2566)
2 placas	LOGLOGISTIC (2.659, 0.2833)
≥3 placas	LOGLOGISTIC (2.788, 0.3149)
Pacientes con interconsulta posterior	LOGNORMAL(3.066, 1.510)+6.154
<b>PRIORIDAD 4 y 5</b>	
Interc grupo unico	LOGNORMAL(4.036, 0.8111)
OtrasPruebas	LOGNORMAL(3.742, 1.273)
1 Rx Franja horaria 1	LOGNORMAL(1.773, 0.8959)+3.456
1 Rx Franja horaria 2	LOGNORMAL(2.926, 0.7551)+2.576
2 Rx en el mismo t.	LOGNORMAL(2.788, 0.7242)
2 Rx ≠instantes	WEIBULL(141.8, 1.614)
≥3 Rx en el mismo t.	LOGNORMAL(2.946, 0.8125)+2.340
≥3 Rx ≠i instantes	WEIBULL(141.8, 1.614)
I. directa	LOGNORMAL(5.726, 0.5288)
1 placa	LOGLOGISTIC (2.587, 0.2489)
2 placas	LOGLOGISTIC (2.616, 0.2583)
≥3 placas	LOGLOGISTIC (2.679, 0.2834)
Pacientes con interconsulta posterior	LOGNORMAL (2.651, 1.563)+7.504
<b>PRIORIDAD 3, 4, 5</b>	
t_primera consulta	LOGNORMAL(2.528, 0.7518)
t_segundaconsulta	LOGNORMAL(2.116, 0.4583)
t_ext_cons1	LOGNORMAL(0.057, 0.03545)
t_ext_cons2	NORMAL(2.024, 1.981)
<b>t. triaje 34</b>	
sin ECG	WEIB(5.747, 5.544)

conECG	WEIB(10.24, 3.546)
t. triaje 12	
sin ECG	LOGN(1.320, 0.54489)
conECG	NORM(9.309, 4.673)

Tabla 6. Distribuciones ajustadas de los tiempos de pruebas complementarias e interconsultas

## 6. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN DEL CIRCUITO A

En este capítulo se describen las fases de implementación del modelo anteriormente descrito en el software de simulación ARENA. En primer lugar se exponen los elementos considerados en el modelo que se va a desarrollar. A continuación se describe el programa ARENA empleado en el diseño y los bloques principales que se han programado para su correcto funcionamiento, así como algunos ejemplos más detallados dentro de los mismos. Finalmente se describe brevemente la animación que acompaña al modelo.

Se ha construido un manual de programador que se incluye como anexo 3 con el fin de facilitar la mejora y extensión del modelo.

### 6.1 ELEMENTOS CONSIDERADOS EN EL MODELO DE SIMULACIÓN

En este modelo de simulación del circuito A de urgencias nos encontramos con tres puntos clave:

- La asignación del paciente por parte de las enfermeras de triaje a un médico concreto del circuito de destino.
- La gestión de las colas de los pacientes asignados a cada médico (primeras consultas, prioridades, etc.)
- Disponibilidad de recursos principales dentro del circuito: número de médicos en cada turno y capacidad de los mismos.

#### ***Asignación de los pacientes a los médicos del circuito***

La asignación implementada en el modelo es la que funciona actualmente en el servicio de urgencias. Esta asignación se realiza actualmente al final del triaje por parte de la enfermera, y es cíclica, es decir, los pacientes en orden de triaje se de manera cíclica a los médicos del circuito A. En este caso no se presta atención a la gravedad del paciente sino que se van asignando en orden ascendente desde el primer médico del circuito (CA5) hasta el último (CA9 ó CA 10 en función del turno).

Además, en caso de reducción en el número de consultas activas en el turno posterior (por ejemplo los lunes a las 15:00 que se reduce generalmente de 6 consultas activas durante la mañana a 5 cabinas), durante la última hora antes de finalizar el turno anterior se dejan de asignar pacientes a la consulta que va a desactivarse para no sobrecargarla y que le dé tiempo a resolver la mayoría de pacientes que tiene activos antes de finalizar el turno.

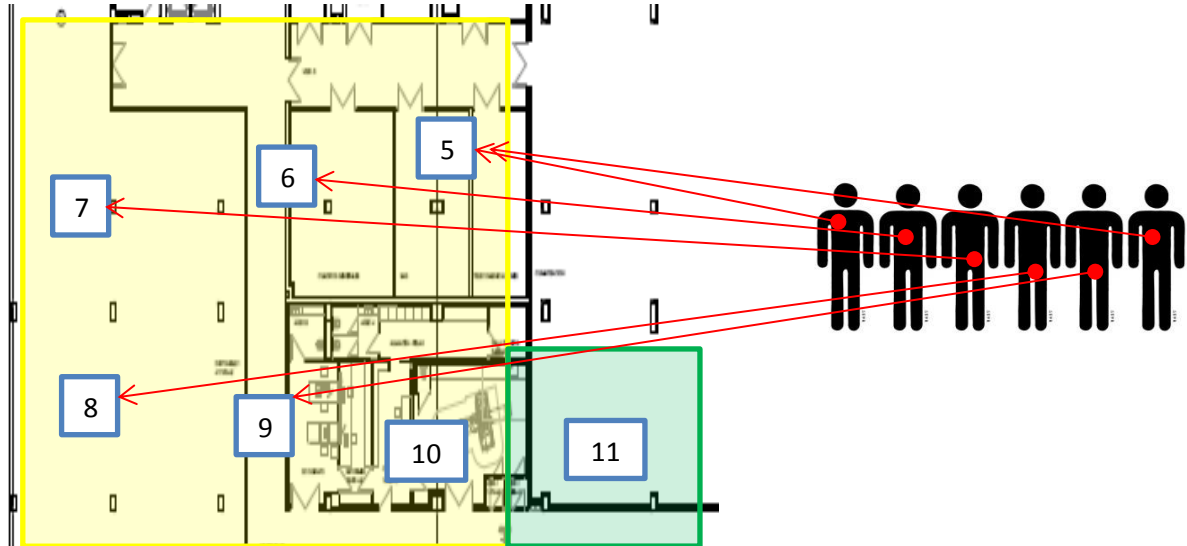


Figura 59. Asignación de pacientes a los médicos del circuito asistencial.

En caso de haber 5 médicos en vez de 6 dentro del circuito, el ciclo llega hasta el médico de la consulta 10, en lugar de hasta la CA9 como es habitual.

La consulta 10, en caso de no tener médico trabajando asignado durante el turno, y la consulta 11, señalada de otro color debido a que pertenece a una especialidad concreta (traumatología), se emplean por cualquiera de los médicos del circuito A en caso de “bloqueo” de su consulta (ocupada por paciente que necesita que la enfermera realice alguna técnica sin la necesidad de la presencia del médico-quitar vías al dar el alta, etc.).

### ***Gestión de las colas de los pacientes asignados a un mismo médico.***

El médico tendrá pacientes en diferentes estados, identificados por el atributo denominado “PatientState”:

- 1, esperando a Rx tras triaje
- 2, esperando a la primera consulta
- 3, realizándose pruebas
- 4, esperando a interconsulta o durante la mismo
- 5, esperando a segunda consulta
- 6, alta

Estos estados dan lugar a tres colas diferenciadas de espera a consulta:

- Cola de espera a la primera consulta: pacientes que tras triaje están esperando a ser visto por el médico por primera vez.
- Cola de espera a la segunda consulta: pacientes que tras una primera consulta con el médico del circuito A de urgencias han sido solicitados pruebas complementarias o interconsulta de alguna especialidad determinada, y vuelven para ser vistos de nuevo y valorados por el médico asignado.
- Cola de críticos: cola a la que se trasladan los pacientes que han superado el límite de tiempo máximo permitido en su prioridad en la cola de espera a primera consulta. Cuando sucede esto a determinado paciente el médico trata de agilizar su asistencia.

Generalmente los médicos que trabajan en el sistema han manifestado la preferencia que habitualmente otorgan a los pacientes de las diferentes prioridades y estado para ser pasados a consulta:

- 1- Pacientes de prioridad 3 de la cola i de críticos.
- 2- Pacientes de prioridad 3 que están esperando a su primera visita.
- 3- Pacientes de prioridad 4 de la cola de críticos.
- 4- Pacientes de prioridad 5 de la cola de críticos
- 5- Pacientes de prioridad 3 que están esperando a su segunda visita.
- 6- Pacientes de prioridad 4 que están esperando a su segunda visita.
- 7- Pacientes de prioridad 4 que están esperando a su primera visita.
- 8- Pacientes de prioridad 5 que están esperando a su segunda visita.
- 9- Pacientes de prioridad 5 que están esperando a su primera visita.

Dentro de los pacientes asignados a un mismo médico que se encuentran en la misma situación de las mencionadas anteriormente, se atiende al orden de llegada para su asistencia.

### ***Disponibilidad de médicos dentro del circuito de urgencias en cada turno y capacidad de los mismos.***

Dentro del recurso principal médico, encargado de dar el servicio al paciente dentro del circuito, nos encontramos, tal y como se describe en numerosos artículos de literatura médica, con el problema de la diferenciación en la capacidad de atención al paciente por parte de los mismos. Se pueden considerar dos grupos principales: los “**médicos adjuntos**” y los “**médicos residentes**” o estudiantes de medicina que todavía no han acabado la carrera.

Dentro de estos últimos pueden identificarse los diferentes grupos:

- Residentes de Medicina de Familia de primer año.
- Residentes de segundo, tercer o cuarto año de Medicina de Familia
- Residentes de primer año de todas las especialidades hospitalarias
- Residentes de segundo, tercer, cuarto o quinto año de especialidades médicas.

En nuestro caso de estudio se diferencian los siguientes tipos de médicos:

- “Médicos adjuntos” con responsabilidad total sobre los pacientes, asignados a las cabinas del circuito A durante las mañanas de los días laborables. El resto de turnos ayudan en la asistencia y supervisión del resto de “médicos residentes”.
- “Médicos residentes de primer año de formación”, R1, que requieren de ayuda y supervisión del “médico adjunto” para las primeras consultas de los pacientes de prioridad 3 y para todas las consultas de todos los pacientes. Están asignados a las cabinas CA5, CA6, CA7 los días laborables por la tarde y noche y los festivos.
- “Médicos residentes de segundo, tercer y cuarto año de formación”, R2, que requieren de ayuda y supervisión para las segundas consultas de los pacientes de prioridad 3.

Se introducirá en el modelo mediante los módulos “Schedules” el siguiente horario de médicos asignados a las cabinas:

	Adjuntos	R1	R2
<b>POSFESTIVOS</b>			
8:00-15:00	6		
15:00-22:00	3	3	2
22:00-8:00	1	3	2
<b>LABORABLES</b>			
8:00-15:00	5		
15:00-22:00	2	3	2
22:00-8:00	1	3	2
<b>FESTIVOS</b>			
8:00-15:00	3	3	3
15:00-22:00	3	3	3
22:00-8:00	1	3	2

Tabla 7. Número y tipo de médicos por turno.

Los resaltados en color sepia son los que se encuentra asignados a las consultas del circuito, en caso de estar asignados del médicos residentes, los adjuntos sirven de apoyo tal y como se ha explicado anteriormente.

### ***Disponibilidad de consultas para atención al paciente.***

Se considera que el circuito dispone de las consultas CA5, CA6, CA7, CA8, CA9 y CA10 (con médico asignado en determinados turnos) y CA11 (cabina de especialidad traumatología empleada cuando no se dispone de consulta para atender a los pacientes).

La asistencia a los pacientes se realiza preferiblemente en la consulta del médico que se ha asignado, y en caso de que la misma esté siendo bloqueada por un paciente al que hay que realizar técnicas de enfermería sin la presencia del médico, en la consulta CA11, o la consulta CA10 (si únicamente hay 5 médicos en el circuito).

## 6.2 PROGRAMACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA

En este apartado se va a describir el flujo principal así como los diferentes bloques programados para el funcionamiento del sistema:

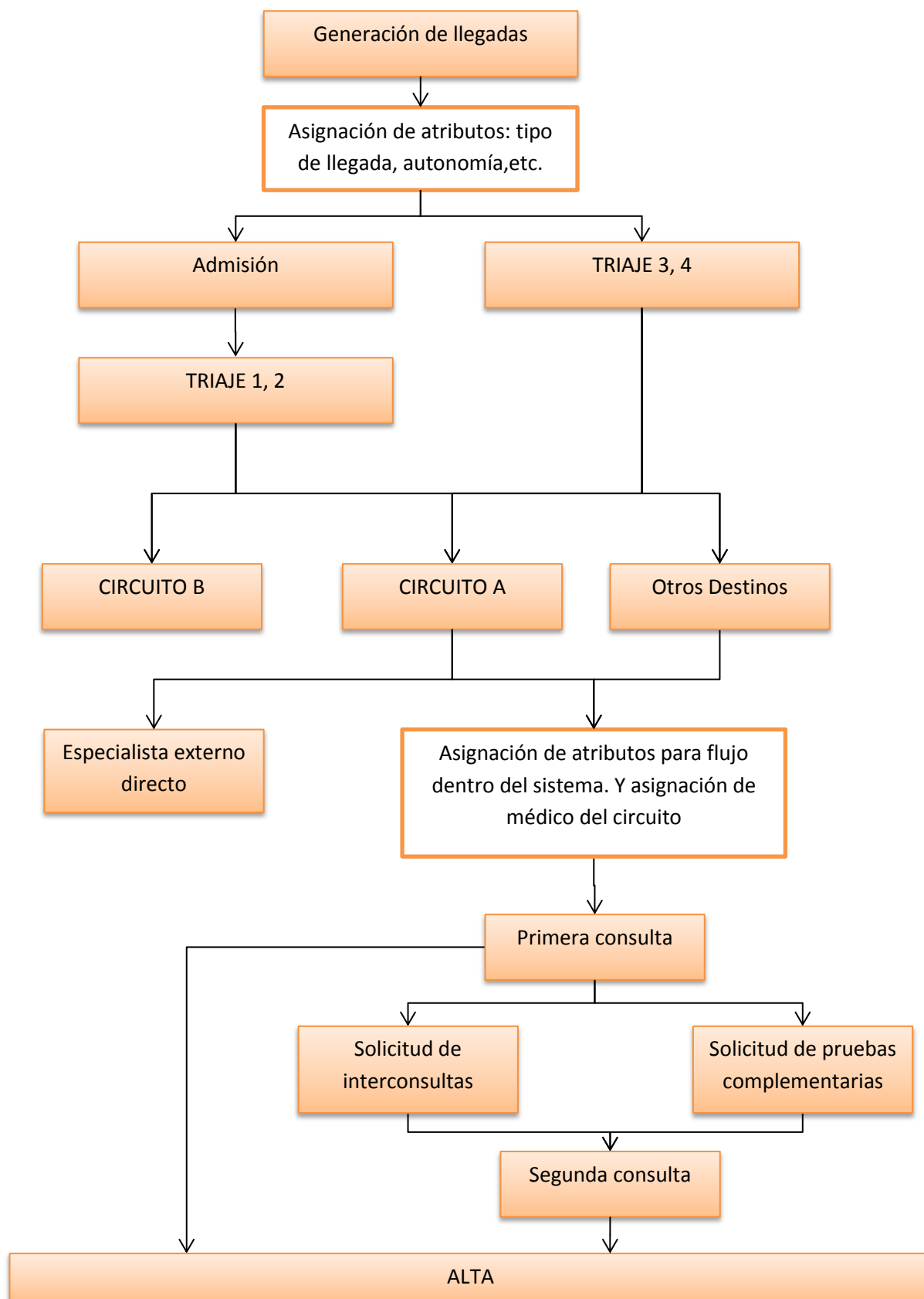


Figura 60. Esquema lógico del modelo.

Los bloques principales en el sistemas son los siguientes:

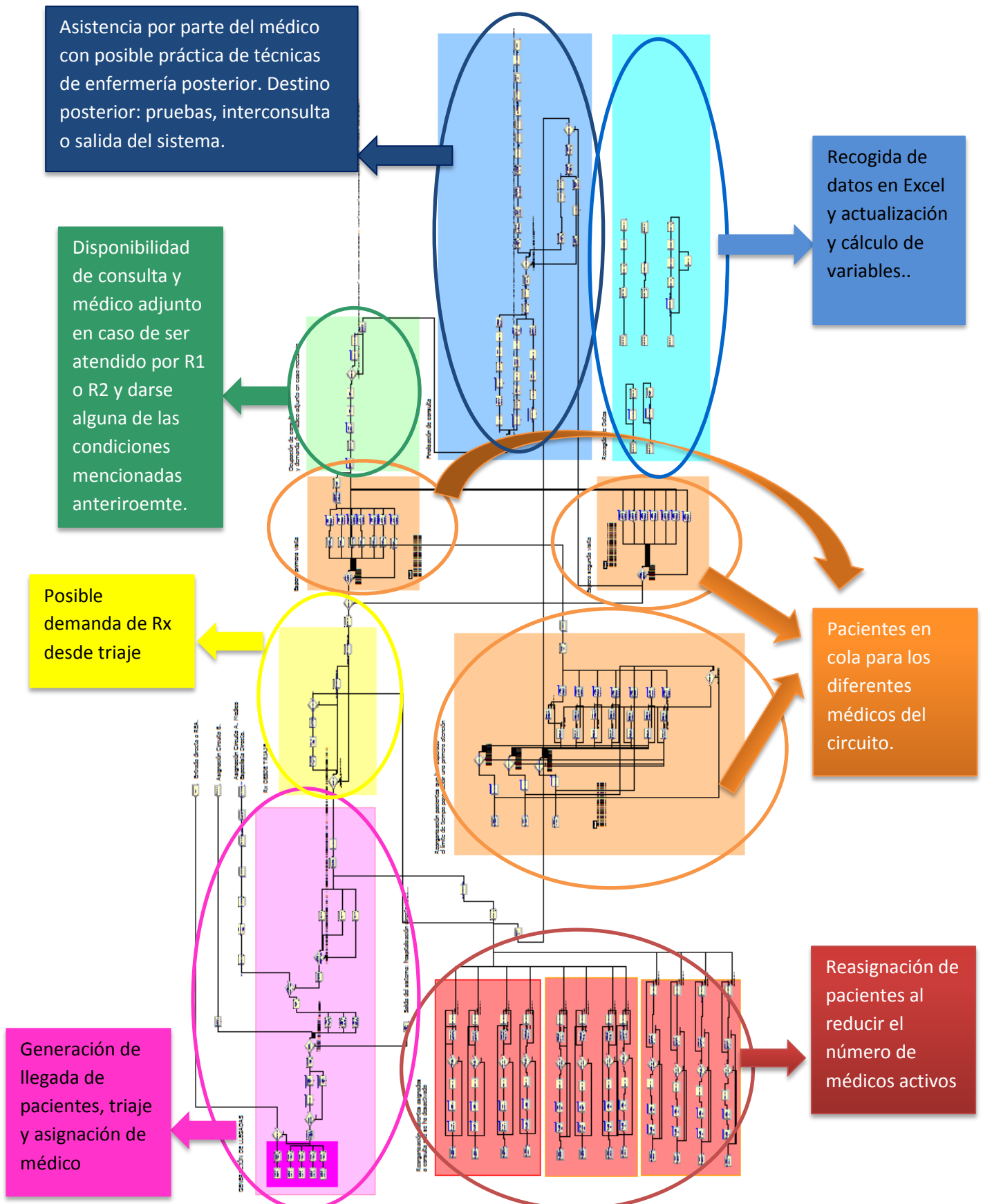


Figura 61. Descripción de los bloques programados del modelo de simulación.



### **Generación Llegadas, triaje y asignación de destino dentro del servicio.**

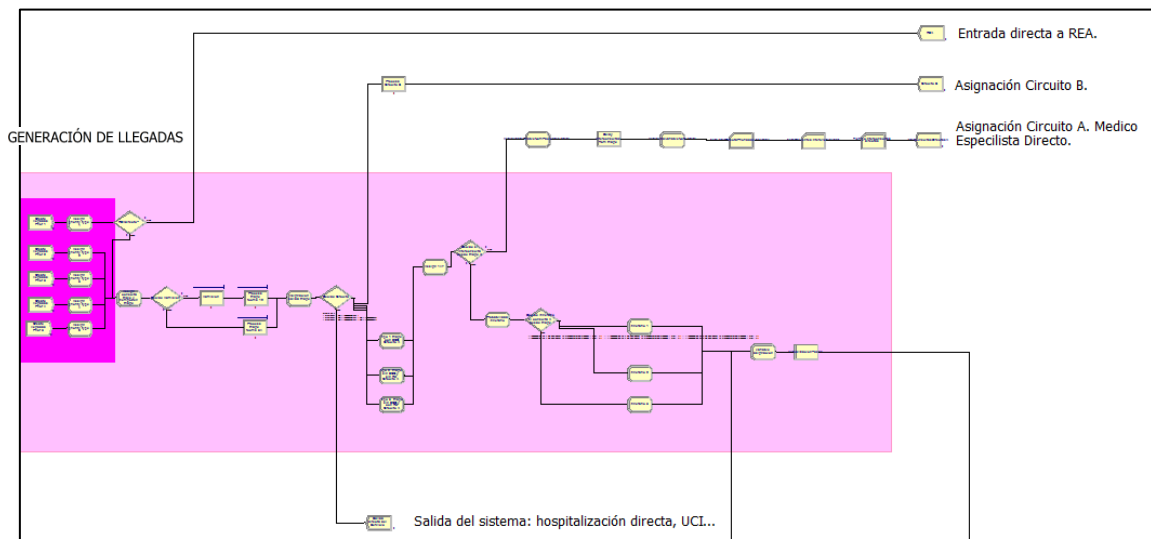


Figura 62. Bloque generación ed llegadas completo.

### **Generación Llegadas y asignación de atributos generales**

La zona diferencia del resto dentro de este bloque son los módulos *Create* que general la llegadas los pacientes de prioridad 1, 2, 3, 4 y 5, acorde a un esquema asignado con todos los parámetros de tasa media de llegadas por hora a lo largo de todo el año en función del carácter del día (laborable, festivo, posfestivo), mes del año y resto de factores que se han analizado que influían en el capítulo anterior.

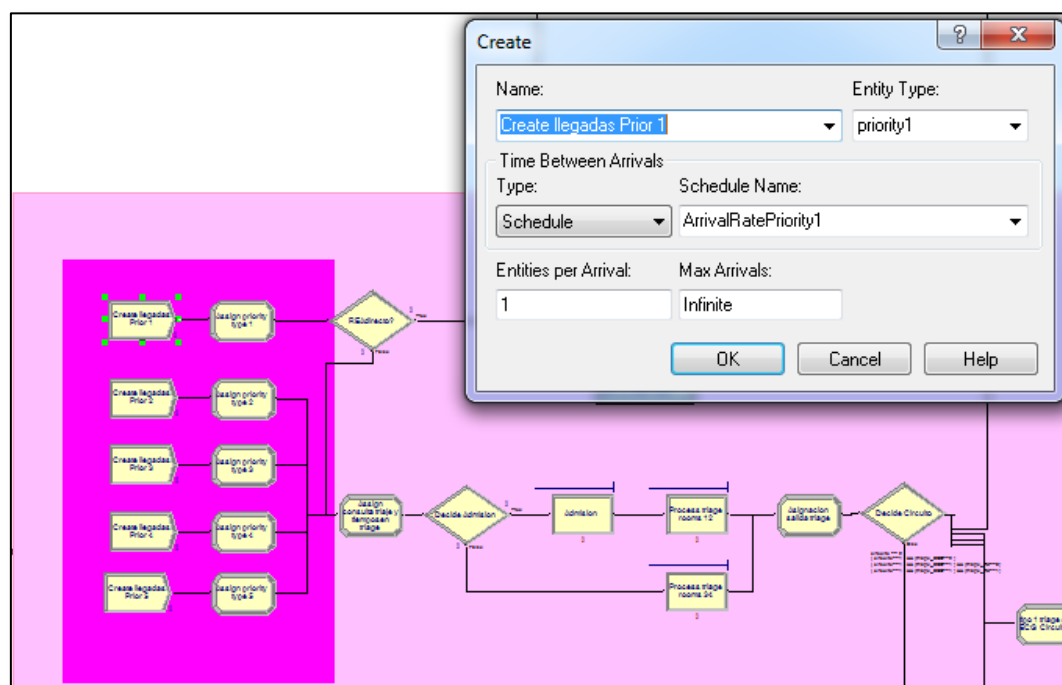


Figura 63. Creación de pacientes y asignación de atributos.

Los esquemas asociados a estos módulos son los siguientes: “ArrivalRatePriority1”, “ArrivalRatePriority2”, “ArrivalRatePriority3”, “ArrivalRatePriority4”, “ArrivalRatePriority5”.

Schedule - Basic Process						Durations		
	Name	Type	Time Units	Scale Factor	Durations		Value	Duration
1	ArrivalRatePriority1	Arrival	Hours	1.0	8760 rows	1	0.08	1
2	ArrivalRatePriority2	Arrival	Hours	1.0	8760 rows	2	0.07	1
3	ArrivalRatePriority3	Arrival	Hours	1.0	8760 rows	3	0.08	1
4	ArrivalRatePriority4	Arrival	Hours	1.0	8760 rows	4	0.09	1
5	ArrivalRatePriority5	Arrival	Hours	1.0	8760 rows	5	0.05	1

Figura 64. Implementación tasa de llegadas de los pacientes.

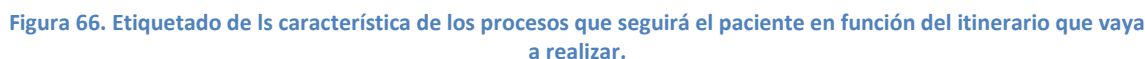
Nos encontramos con que las entidades que representan los pacientes de prioridad 1 tiene una opción adicional que es el paso directo a REA en lugar de seguir el curso ordinario del resto de pacientes.

A continuación se realiza asignación de los atributos principales que se van a emplear a lo largo de las fases posteriores para decidir puestos de triaje que le atienden en función del tipo de entrada, destino del paciente: circuito B, otros destinos fuera del servicio de urgencias (UCI, hospitalización), itinerario dentro del circuito, etc.

Assignments				
	Type	Var	Attribute Name	New Value
1	Attribute	V	triage_room	$1 + 2 * (UNIF(0,1,161) > prob\_triag12(prior))$
2	Attribute	V	aleat_num	$UNIF(0,1,162)$
3	Attribute	V	Autonomy	$(triage\_room==1)*(1*(num\_aleat<=prob\_acum\_autonomia\_mediollegada(1,1))+2*(num\_aleat>prob\_acum\_autonomia\_mediollegada(1,1)) \&\& (num\_aleat<=prob\_acum\_autonomia\_mediollegada(1,2))+3*(num\_aleat>prob\_acum\_autonomia\_mediollegada(1,2)))+(triage\_room==3)*(1*(num\_aleat<=prob\_acum\_autonomia\_mediollegada(2,1))+2*(num\_aleat>prob\_acum\_autonomia\_mediollegada(2,1)) \&\& (num\_aleat<=prob\_acum\_autonomia\_mediollegada(2,2))+3*(num\_aleat>prob\_acum\_autonomia\_mediollegada(2,2)))$
4	Attribute	V	triage_ECG	$1 + 1 * (UNIF(0,1,163) < prob\_triag\_ecg(prior))$
5	Variable	v	Attribute 4	triage_ECG
6	Variable	v	Attribute 5	triage_RX
7	Attribute	V	t_triage	$(triage\_room==1) * distr\_t\_triage\_12(prior, triage\_ECG) + (triage\_room==3) * distr\_t\_triage\_34(prior, triage\_ECG)$
8	Attribute	V	triage_RX	$(triage\_ECG==1)*(UNIF(0,1,164) <= prob\_triag\_rx(prior))$
9	Attribute	V	aleat_num	$UNIF(0,1,165)$
10	Attribute	V	circuito	$1 + 1 * ((aleat\_num > prob\_acum\_circuito1(prior, 1))*(triage\_ECG==2) + (aleat\_num > prob\_acum\_circuito2(prior, 1))*(triage\_ECG==1)*(triage\_RX==0) + (aleat\_num > prob\_acum\_circuito3(prior, 1))*(triage\_RX==1)) + 1 * ((aleat\_num > prob\_acum\_circuito1(prior, 2))*(triage\_ECG==2) + (aleat\_num > prob\_acum\_circuito2(prior, 2))*(triage\_ECG==0)*(triage\_RX==0) + (aleat\_num > prob\_acum\_circuito3(prior, 2))*(triage\_RX==1))$
11	Attribute	V	aleat_num	$UNIF(0,1,166)$
12	Attribute	V	logistic	$LN(aleat\_num/(1-aleat\_num))$
13	Attribute	V	t_interconsultaDirecta	$distr\_t\_directa(prior)$
14	Attribute	V	t_entrada_urgencias	TNOW
15	Attribute	V	MesLlegada	CalMonth(TNOW)
16	Attribute	V	DiaDelMesLlegada	CalDayOfMonth(TNOW)
17	Attribute	V	HoraLlegada	CalHour(TNOW)
18	Attribute	V	num_aleat	$UNIF(0,1,180)$
19	Attribute	V	DestinoDentroUrgencias	$((Autonomy==1)+(Autonomy==2)*(num\_aleat))+((Autonomy==3)+(Autonomy==2)*(num\_aleat>0.5))*2$

Figura 65. Asignación de atributos inicial.

Seguidamente los pacientes atraviesan la fase triaje y son destinados al circuito correspondiente (A, B, otros). En caso de permanecer en el circuito A, los pacientes son divididos por itinerarios (especialista directo, única consulta, primer consulta con pruebas complementarias y segunda consulta, primera consulta con interconsulta intermedia y segunda consulta) y dentro los mismos se les asignan los atributos necesarios para su correcto flujo dentro del sistema (tipo de pruebas complementarias que se les van a solicitar, tipo interconsulta y tiempo de las diferentes pruebas acorde con las diferentes tiempo en función del tipo de la misma y prioridad).



Assignments			
	Type	Value	Attribute Name
1	Attribute	V	trriage_A_itinerario
2	Attribute	V	t_consult_1
3	Attribute	V	ext_cons1
4	Attribute	V	t_ext_cons1
5	Attribute	V	t_consult_2
6	Attribute	V	ext_cons2
7	Attribute	V	t_ext_cons2
8	Attribute	V	num_aleat
9	Attribute	V	tipo_IP_tinA3
10	Attribute	V	t_IP_tinA3

Figura 68. Asignación de interconsultas y tiempos de las mismas en función del flujo que sigue.

### Asignación del paciente al médico del circuito

De este modo, una vez generados, han sido categorizados según sus características, recursos que van a emplear, etc a lo largo del servicio. Y para terminar el bloque se realiza la **asignación de pacientes al médico del circuito por parte de la enfermera** (final del proceso de triaje). En esta versión del modelo se implanta la gestión actual del mismo, que consiste en una asignación cíclica de los pacientes.

Para ello se emplea una variable auxiliar denominada “DoctorAssignmentVariable” que va ascendiendo cada vez que es triado un paciente en el sistema hasta llegar al máximo de médicos disponibles en el mismo, para volver a comenzar desde el mínimo. Posteriormente este valor se asigna al atributo “doctor\_assign” que tendrá inherente la entidad para continuar su flujo dentro del circuito.

Se ha necesitado una variable vector cuyo valor es el número de consultas disponibles para ese circuito en función del carácter del día y la hora, “NumMedicosTurno”, y se ha utilizado la siguiente expresión:

$$(DoctorAssignmentVariable < NumMedicosTurno(AINT(TNOW/60)+1) ) * (DoctorAssignmentVariable + 1) + 1 * (DoctorAssignmentVariable \geq NumMedicosTurno(AINT(TNOW/60)+1) )$$

### Possible etapa de Rx solicitados desde triaje

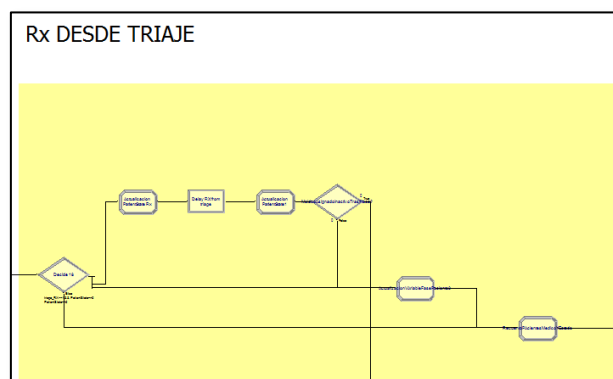


Figura 69. Realización de Rx desde triaje.

Todos los pacientes atraviesan este bloque tras el triaje (o como se detallará a continuación tras su reasignación de médico en caso de reducción en el número de consultas disponibles), y en caso del estado del paciente y la necesidad de Rx solicitados desde triaje seguirán uno de las diferentes ramificaciones.

### Espera visitas del médico y gestión de colas

Los pacientes de cada médico en función del estado en el que se encuentra el pacientes (esperando a una primera consulta, esperando a segunda consulta, o superado el límite de atención) se clasifican en colas diferentes para su distinta atención.

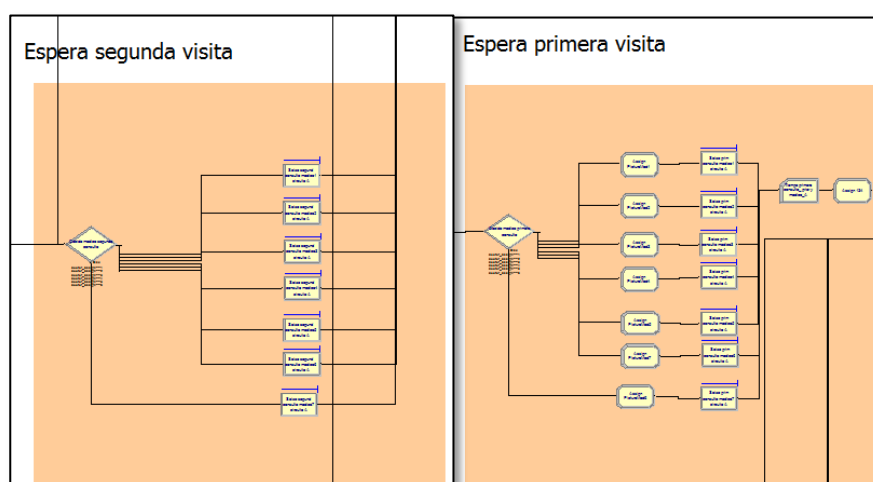


Figura 70. Colas que gestiona cada médico para primera y segunda consulta de los pacientes.

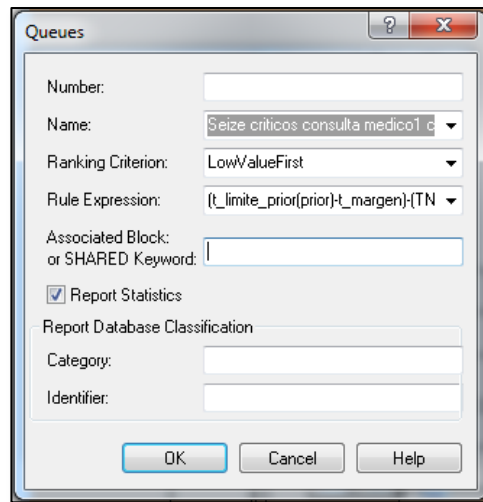
Dentro de cada una de ellas, la atención de los pacientes está programada en función de la prioridad, colocando al principio de la cola los de prioridad 3, a continuación los de prioridad 4, y finalmente los de prioridad 5. Dentro de la misma prioridad se organizan de acuerdo al esquema FIFO, y para ello es necesario introducir en cada una de las colas la fórmula que comprueba el instante en el que el paciente tras triaje o realización de los Rx en caso de solicitud directa para su posible reorganización, de este modo en caso de que un paciente de otro médico cuya turno ha finalizado haya sido reubicado en el sistema seguirá manteniendo su orden o pasará al final de la cola del nuevo médico:

$$((prior==3)*3+(prior==4)*2+(prior==5)*1)*10000+(TNOW-t\_wPrimeraConsulta)$$

Figura 71. Módulo para gestión de pacientes de una misma cola. Segundas consultas.

La cola de críticos funciona de manera diferente, ya que en un principio se organiza por prioridad, pero dentro de la misma no atiende un esquema FIFO, sino que prioriza las personas con un mayor tiempo superado su límite de tiempo de primera atención acorde con su prioridad:

$$(t\_limite\_prior(prior)-t\_margen)-(TNOW-t\_wPrimeraConsulta)$$



**Figura 72.Figura 42. Módulo para gestión de pacientes de una misma cola. Pacientes que han superado límite de tiempo de espera.**

Esta cola actualiza sus miembros e introduce nuevas pacientes cada vez que uno de los médicos va a finalizar su consulta, para que en el momento en que el médico vaya a atender a su siguiente paciente, éstos estén en la cola adecuada esperando su atención. La programación de este bloque se realiza con módulos “hold”, que esperan la señal que envía el módulo “signal” cuando el médico va a ser liberado del proceso de atención a un paciente, módulo “search” que busca dentro de la cola señalada a lo largo de todos su miembros aquellos que hayan superado su tiempo límite de atención:

$$(TNOW-t\_wPrimeraConsulta) \geq (t\_limite\_prior(prior)-t\_margen)$$

Posteriormente, los traslada de la cola ordinaria de pacientes que esperan la primera consulta de ese médico determinado a la cola de pacietnes “críticos” de ese mismo médico para su pronta atención.

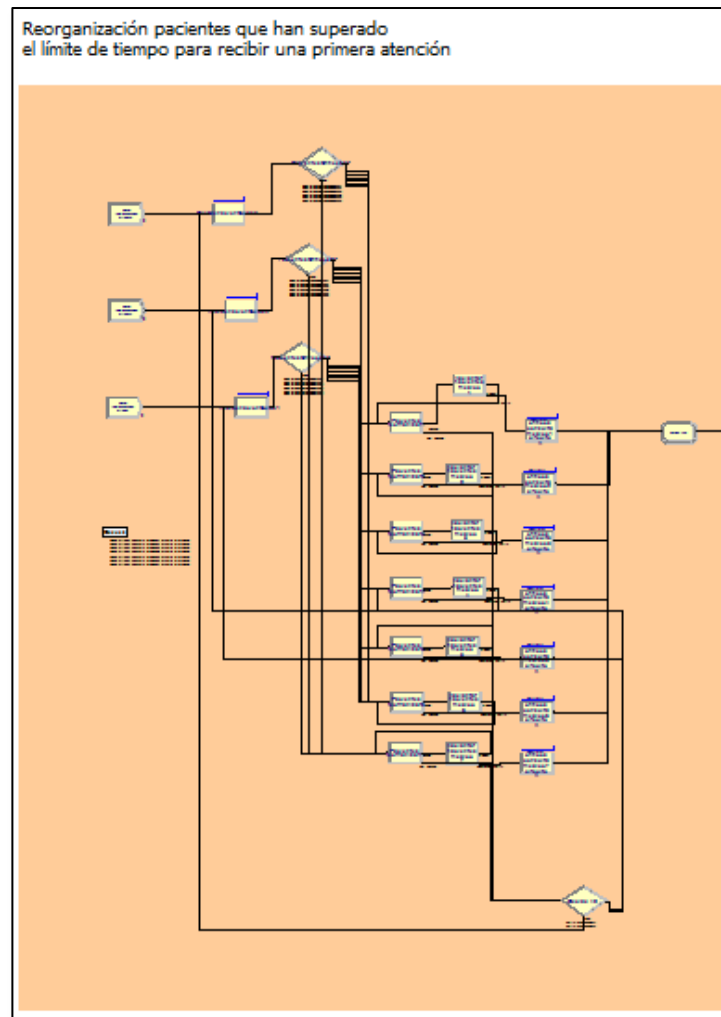


Figura 73. Control de tiempo de espera del paciente hasta su primera visita, y traslado en caso de superación del límite.

La política anteriormente mencionada se ha implantado en arena para conceder diferentes prioridades a los pacientes dentro de cada médico de la siguiente forma:

- Las colas de primera visita:  $2 * (prior == 3) + 7 * (prior == 4) + 9 * (prior == 5)$
- Las colas de segunda visita:  $5 * (prior == 3) + 6 * (prior == 4) + 8 * (prior == 5)$
- Las colas de pacientes "críticos" con tiempo límite de atención superado:  $1 * (prior == 3) + 3 * (prior == 4) + 4 * (prior == 5)$



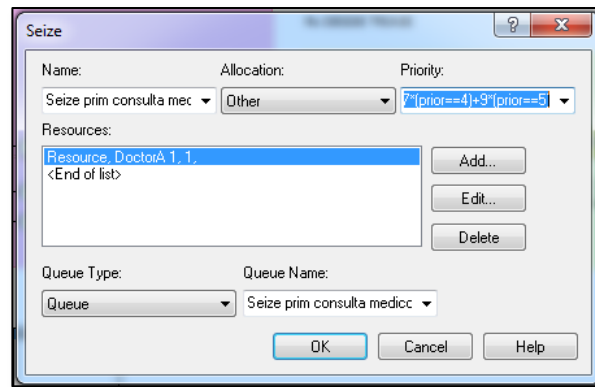


Figura 74. Prioridad de las colas de un mismo médico. Gestión por parte del médico.

Con ello se ha conseguido el orden aplicado como norma general por los médicos del servicio:

1. Pacientes de prioridad 3 que han superado el tiempo límite se espera para ser atendidos por primera vez.
2. Pacientes de prioridad 3 que están esperando a su primera visita.
3. Pacientes de prioridad 4 que han superado el tiempo límite de espera para ser atendidos por primera vez.
4. Pacientes de prioridad 5 que han superado el tiempo límite de espera para ser atendidos por primera vez.
5. Pacientes de prioridad 3 que están esperando a su segunda visita.
6. Pacientes de prioridad 4 que están esperando a su segunda visita.
7. Pacientes de prioridad 4 que están esperando a su primera visita.
8. Pacientes de prioridad 5 que están esperando a su segunda visita.
9. Pacientes de prioridad 5 que están esperando a su primera visita

## Adjudicación de consulta

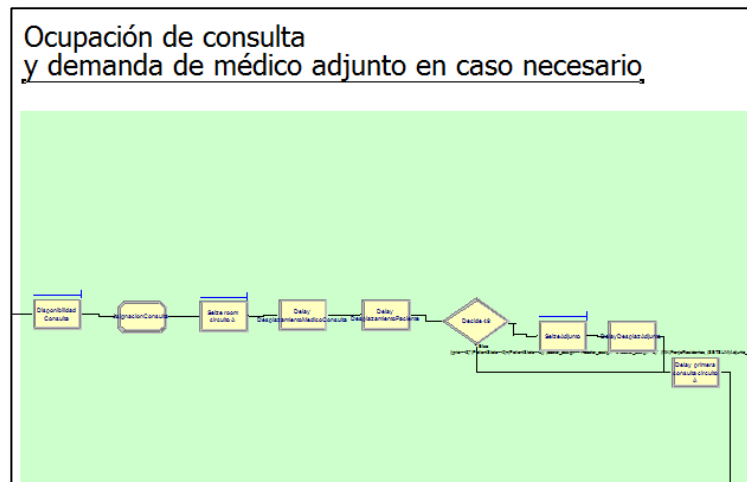


Figura 75. Espera a disponibilidad de consulta y ocupación de la misma.

Una vez el médico ha quedado libre para la atención del paciente, ambos quedan a la espera de disponibilidad de consulta, y es entonces cuando comienza la atención. Todos los médicos por norma general intentan atender al paciente en su consulta asignada, y en su defecto en las consultas extra 10 (sólo tiene médico asignado lunes y festivos) y en la 11 de traumatología.

Además, en función del horario en el que nos encontremos, los médicos asignados a las diferentes cabinas serán médicos adjuntos, que tendrán responsabilidad total sobre el pacientes y podrán realizar la totalidad de la atención, o médicos residentes en formación, que necesitarán del médico adjunto para completar la asistencia.

Esto se programa mediante la fórmula:

$$((prior==3)*(PatientState==2)+(PatientState==5))*(doctor\_assign==1+doctor\_assign==2+doctor\_assign==3)* (MX(FranjaResidentes, (SETSUM(Adjunto\_Med\_A,8)==3)))$$

$$+(prior==3)*(PatientState==5)*(doctor\_assign==4+doctor\_assign==5+doctor\_assign==6)*(MX(FranjaResidentes, (SETSUM(Adjunto\_Med\_A,8)==3)))$$

Ésta indica que va a necesitar la presencia del médico durante la franja horario de residentes (tarde de 15-22 y noche de 22-8), o en día festivo completo, (en cuyo caso se dispone de 3 médicos adjuntos) en los siguientes casos:

- Paciente de prioridad 3 en primera consulta asignado a R1.
- Paciente para segunda consulta asignado a R1.
- Paciente de prioridad 3 para recibir su segunda consulta y ha sido asignado a R2.

Disponibles los recursos necesarios para la asistencia del médico se realiza mediante el módulo "Delay", a continuación, cuando el médico ha finalizado la atención se pueden producir 3 situaciones:

- Extensión en el tiempo de ocupación de la consulta debido a que la enfermera todavía no ha terminado de realizar las técnicas de enfermería necesarias y no hay pacientes para ser vistos por el médico, en cuyo caso el médico permanece en la consulta con el paciente y la enfermera.
- Extensión en el tiempo de ocupación de la consulta debido a que la enfermera todavía no ha terminado de realizar las técnicas de enfermería necesarias pero existen pacientes para ser vistos por el médico, en cuyo caso el médico sale de la consulta en busca de una cabina disponible para atender al siguiente paciente.
- Finalización de la consulta sin necesidad de extensión, en cuyo caso se liberan ambos recursos, médico y consulta.

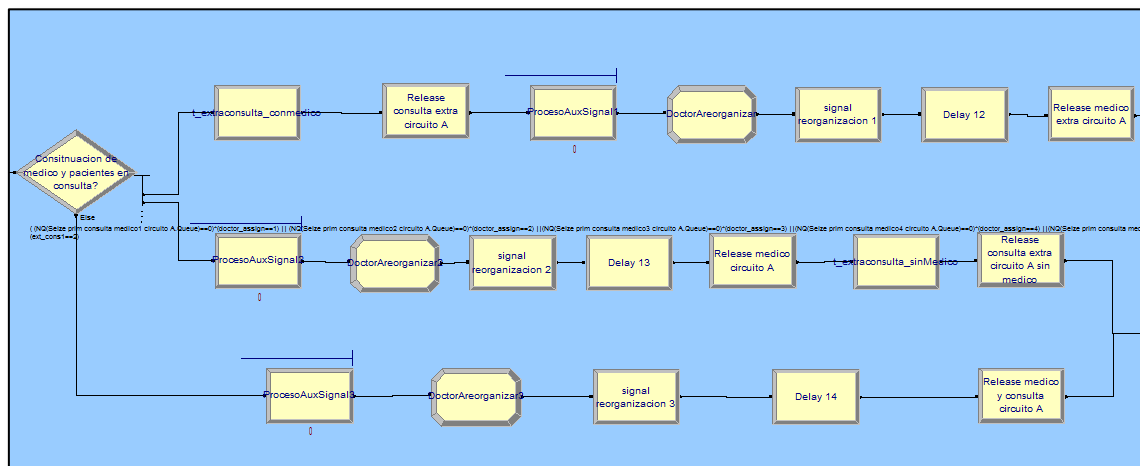


Figura 76. Posible extensión del tiempo en consulta.

Una vez finalizada la consulta puede producirse los siguientes casos:

- Pacientes que ha finalizado la primera consulta y le han dado el alta, o paciente que ha finalizado su segunda consulta y ha recibido el alta.
- Paciente que ha finalizado la primera consulta, y en ella se ha producido solicitud de pruebas complementarias.
- Pacientes que ha finalizado la primera consulta, y en ella se ha producido solicitud de pruebas complementarias e interconsulta.

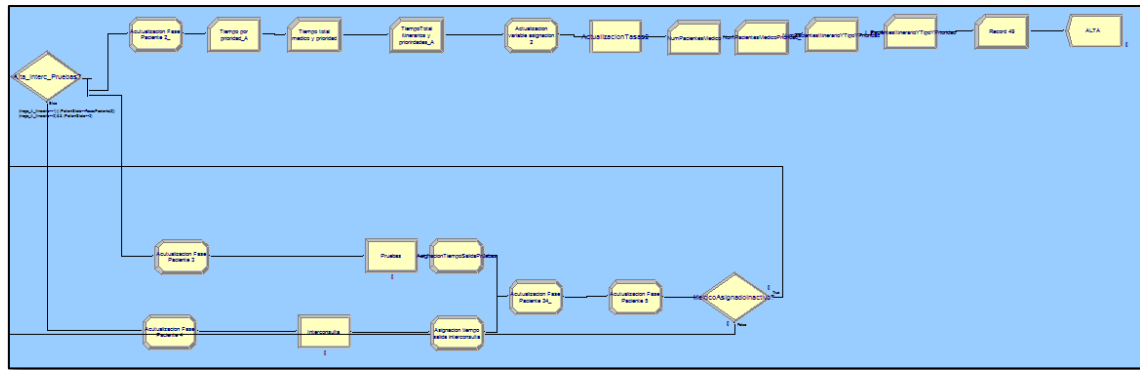


Figura 77. Destino del paciente tras la primera consulta.

En caso de haber sido destinado a cualquiera de los dos últimos circuitos, es conducido a la cola de pacientes en espera de recibir la segunda consulta.

### Actualización de pacientes en caso de reducción del número de consultas activas en el circuito

Con el cambio de turno de la noche, en cuyo caso se produce una reducción de 6 ó 5 cabinas en función del día a 4, es necesaria una reubicación de los pacientes que estaban asignados en estas últimas cabinas cuando sus médicos correspondientes finalizan el turno y no son relevados.

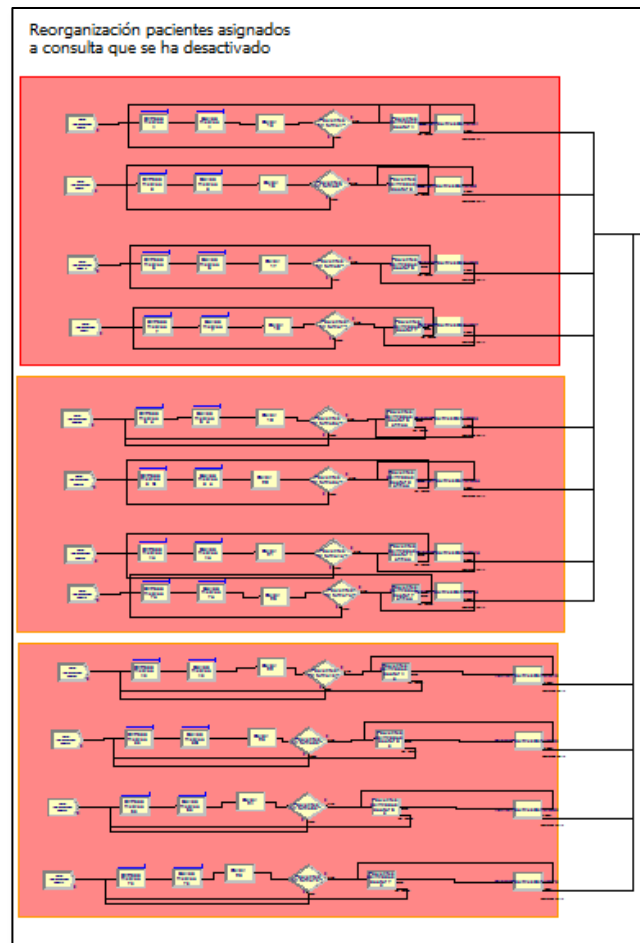


Figura 78. Reasignación pacientes fin de turno.

Mediante el empleo de módulos “hold” se consigue controlar la activación y desactivación de una de las consultas, y en tal caso se extraen todos los miembros contenidos en las colas de las mismas para su reasignación en triaje. La gran cantidad de módulo se debe a la necesidad de revisar la cola de críticas (con límite de espera superado), la de pacientes a la espera de la primera consulta y en espera a la segunda consulta.

Así mismo a la salida de placas desde triaje, salidas de interconsulta y finalización de pruebas (pacientes asignados a un médico que no se encuentran en sus colas de espera sino en diferentes pruebas del sistema) también se realiza una comprobación de continuidad de su médico activo para una posible nueva asignación necesaria.

### Recogida de información

Mediante el módulo “Record” se recogen el número de pacientes de cada prioridad que han sido atendidos en el sistema, el número de pacientes que han superado su límite de espera hasta la primera atención, el tiempo medio de estancia en el sistema por prioridad e itinerario dentro del sistema, etc. Mediante el módulo “Statistics → Output” se recoge el % de pacientes que superan el límite de cada prioridad.

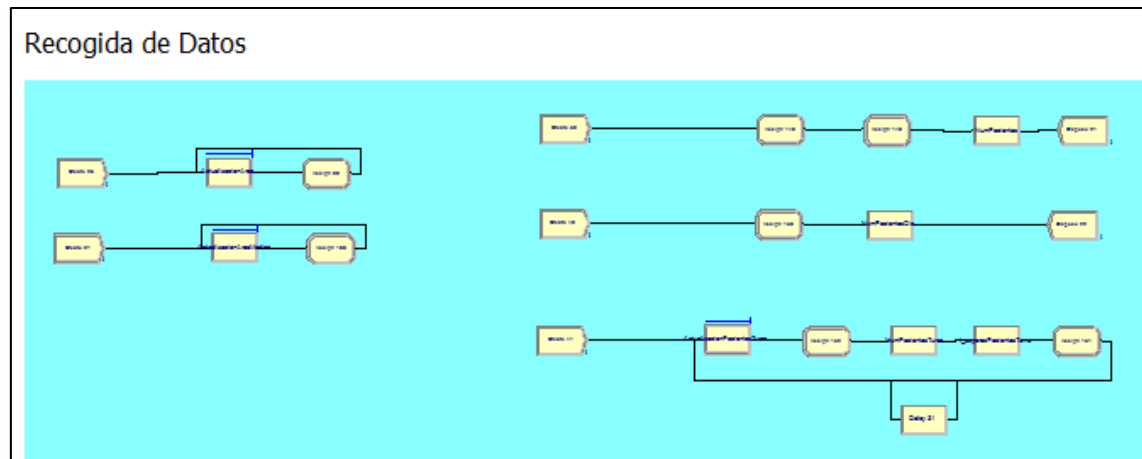


Figura 79. Bloque para recogida de datos.

Además a lo largo de los diferentes puntos del sistema donde se producen eventos que cambian el estado de los pacientes se ha situado módulos “signal” que envían una señal al bloque expuesto en la imagen anterior para actualizar las diferentes variables que serán recogidas horaria, diaria o por turno en un excel.

Por un lado se recoge los siguientes datos:

- Nivel de ocupación media **por hora** del circuito A en conjunto y para cada médico de forma individual, para ello se realiza la integral de la función de ocupación.
- Máximo y mínimo nivel de ocupación de pacientes en **cada hora** (en conjunto y para cada médico).
- Número de pacientes que han entrado al circuito **cada día** (24 horas, de 8 a 8 de la mañana) en total y por cada prioridad.
- Tiempo de espera medio de los pacientes de cada prioridad en **cada hora** para cada médico.
- La carga de trabajo que se ha asignado a cada médico **por turno**, el número de pacientes que ha tenido asignados en total y desagregado por prioridades.

Así mismo a la salida de cada paciente del sistema queda recogida mediante otro módulo “ReadWrite” los siguientes atributos para su posterior análisis y validación.

- t\_entrada\_urgencias: t. entrada al sistema.
- t\_salida\_triage: t. salida triaje.
- t\_wPrimeraConsulta: t. entrada cola espera a primera consulta.
- t\_entradaPrimConsulta: t. entrada cola espera a primera consulta.
- t\_finconsulta1: t. fin primera consulta.
- t\_salidapruebas: t. fin de pruebas.
- t\_salidainterc: t. fin de interconsulta..
- t\_wSegundaConsulta: t. entrada cola espera a segunda consulta.
- t\_entradaSegundaConsulta: t. entrada segunda consulta.

- t\_finconsulta2: t. fin segunda consulta
- t\_salida: t. salida del sistema
- triage\_A\_tipo:
  - 1: triaje con ECG
  - 2: triaje sin ECG ni solicitud de Rx desde triaje
  - 3: triaje sin ECG pero con Rx desde triaje
- triage\_A\_itinerario:
  - 1: Consulta-salir
  - 2: Consulta-pruebas complementarias-consulta-salir
  - 3: Consulta-interconsulta-consulta-salir
- Prior
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- doctor\_assign
  - 1: CA5
  - 2: CA6
  - 3: CA7
  - 4: CA8
  - 5: CA9
  - 6: CA10
- change\_doctor
  - 1: en caso de fin de turno sin relevo de la consulta a la que fue asignado en un principio
  - 0: no ha sido por más de un médico
- cola\_criticos:
  - 1: Ha superado el límite de tiempo de espera de su prioridad
- MesLlegada:
  - Mes de llegada (1-12)
- DiaDelMesLlegada:
  - Dia del mes en el que ha entrado en el servicio (1-31)
- HoraLlegada
  - Hora del día en la que ha entrado en el servicio (0-23)

## 6.3 ANIMACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EN 3D

### Animación en 2d (“dashboard”)

De forma paralela a la programación del modelo de simulación del sistema en ARENA se ha empleado animación en 2D para proporcionar numerosas variables, controla el estado de médicos, enfermeras de triaje y consultas del circuito durante la ejecución para su posterior verificación y validación.

Una parte de la animación de 2D se muestra a continuación en la siguiente imagen, que representa en la parte izquierda el reloj con la hora del día en la que se encuentra la ejecución, y el nivel de ocupación del circuito A en total y desglosado en pacientes que están siendo exclusivamente atendidos por un especialista, asignados directamente en triaje, y el resto de pacientes, asignados un médico determinado del circuito.

En la parte derecha se aprecia el estado del médico (-3, -2, -1 en caso de esta inactivo, ocupado o libre respectivamente) en el recuadro rojo. A continuación se muestra el número total de pacientes asignados a cada uno de los médicos, y el número de pacientes de cada prioridad.

Finalmente en la parte derecha, los pacientes anteriormente mencionados se muestran en el estado en el que están dentro del sistema: graduado en diferentes tonos de azul hasta realizar completamente su estancia.

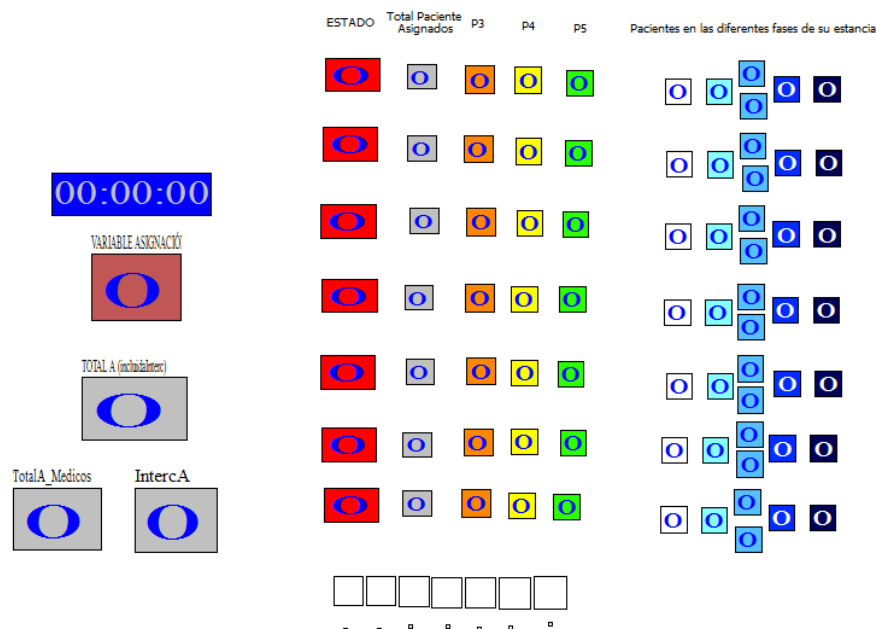


Figura 80. Animación 2D para el control de estado de recursos, carga de trabajo etc.



## Animación en 3d

Posteriormente mediante la ampliación del modelo e incorporación de módulos de transporte correspondientes pertenecientes al software Area: “Request”, “Transport”, “Allocate”, “Move”, “Free”, “Route” se ha diseñado la animación en 3D del servicio de urgencias.

La imagen del modelo ampliado con los diferentes transportes a lo largo del mismo se observa en la siguiente imagen.

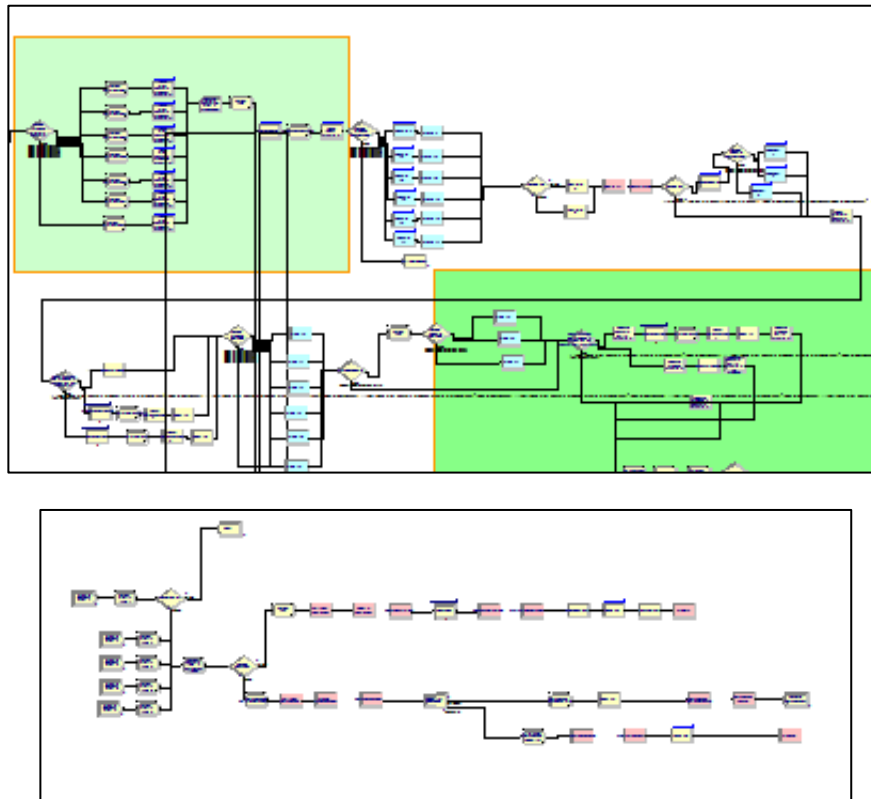


Figura 81. Introducción módulos de movimiento.

En él se ha incorporado el movimiento de los pacientes por el sistema (entrada-admisión-triaje-SE-SBP-Consultas médicas-Zona de Rx y pruebas). Asimismo también se ha incorporado los diferentes recursos “transporter” que representan los médicos asignados a las cabinas, los médicos externos de apoyo presentes a la tarde noche y festivos, y el movimiento de los mismo a lo largo de las consultas.

Para ello se ha empleado el programa “AutoCad” en el que se contiene los planos y detalles del edificio, el programa SweetHome 3D para el levantamiento de paredes en el sistema con el objetivo de conseguir un efecto realista de la simulación.

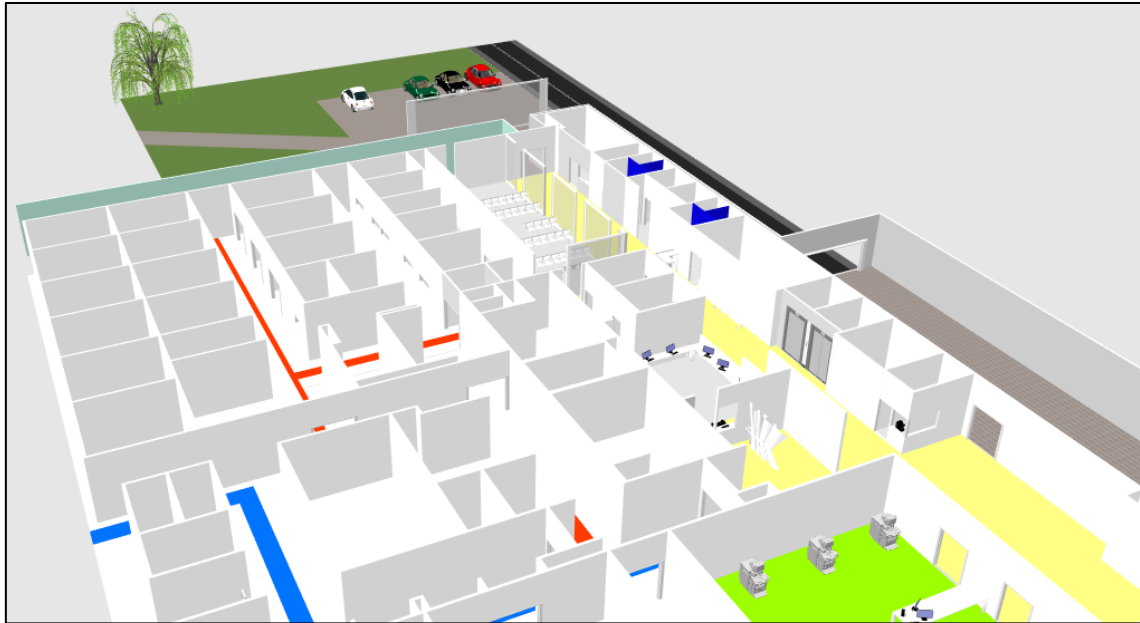


Figura 82. Modelo 3D del edificio de urgencias simulado.

La incompatibilidad de los programas anteriores ha obligado al empleo del formato de exportación de objetos en 3D “.obj”, así como al uso de SketchUp y el programa 3DMax para la modificación e incorporación de elementos propios del ámbito en el que nos encontramos: camillas, sillas de ruedas, aparatos médicos (Rx, TAC...).

A continuación se muestran algunos de los diseños empleados para la representación de entidades paciente, que entran al sistema de forma uniforme, y salen de triaje clasificados por prioridades distinguidos por su diferentes colores.

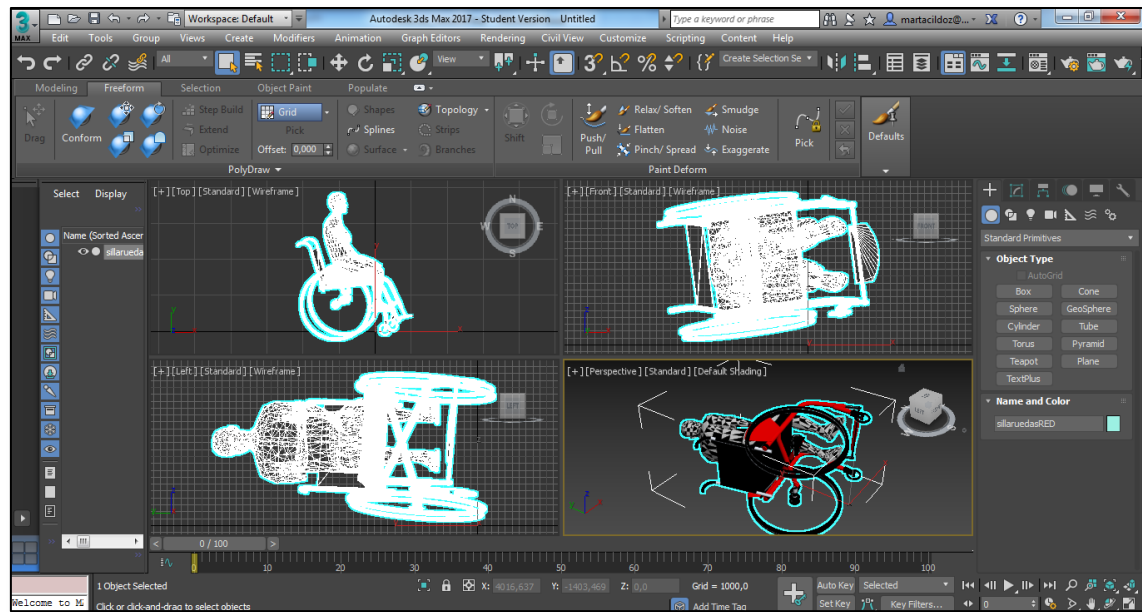


Figura 83. Diseño de entidad de paciente con autonomía reducida.

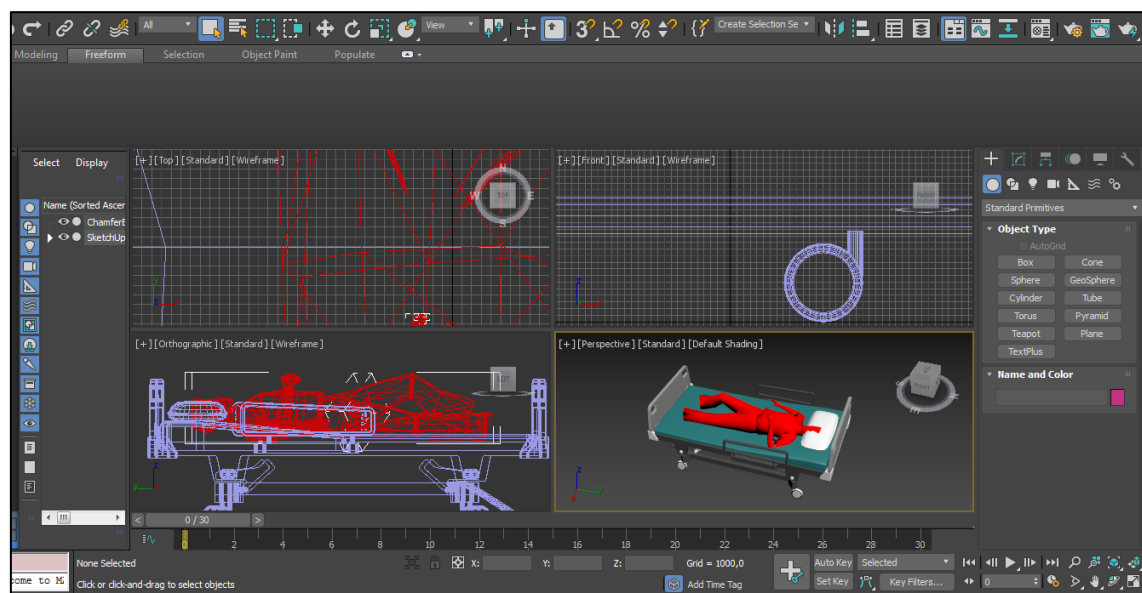


Figura 84. Diseño de entidad de pacientes en camilla.

## 7. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

En este apartado se describe la realización de una de las tareas más importantes y difíciles en la simulación, que es la verificación y validación del modelo. El modelo es una abstracción del sistema real, por lo que se necesita una confirmación de que trabaja de la forma que el analista pretendía (verificación) y que el resultado del modelo es creíble y representativo del sistema real (validación).

En primer lugar se va a realizar la **verificación** del sistema, mediante el cual se comparará la generación de **llegadas simuladas** al sistema con los patrones históricos disponibles, y se evaluará los **% de pacientes de cada tipo** (flujo que sigue en el sistema) que son tratados en el servicio de urgencias a lo largo de un año, y los simulados en el modelo construido.

A continuación se **validará** el modelo comprobando si representa adecuadamente el sistema objeto del estudio de forma que los resultados que se obtengan al experimentar con él puedan ser extrapolados al sistema real. Para ello, se basará el proceso en técnicas como la **opinión de los expertos** sobre los datos suministrados por la simulación y la **comparación de estos datos con los históricos**.

### 7.1 VERIFICACIÓN

En primer lugar se realizó la **verificación de la generación de las llegadas al sistema**, para ello se compraran los valores de las tasas de llegadas simuladas y con los datos históricos de los pacientes que fueron atendidos en el servicio de urgencias durante el año 2015 (más de 120.000).

A continuación se muestra la comparación de las tasas de llegada de las 24 horas de los pacientes de prioridad 1, en primer lugar se realiza test para igualdad de tasa de llegada y posteriormente para igualdad de varianza, quedando al descubierto la igualdad de la generación de llegadas del modelo de simulación y del sistema real.

### Results for: Hour23.MTW

#### Test and CI for Two-Sample Poisson Rates: Frec; Sim1,Data0

Frec	Total Occurrences	N	Rate of Occurrence
0	34	365	0,0931507
1	28	365	0,0767123

Difference = rate(0) - rate(1)

Estimate for difference: 0,0164384

95% CI for difference: (-0,0258432, 0,0587199)

Test for difference = 0 (vs  $\neq$  0): Z = 0,76 P-Value = 0,446

Exact Test: P-Value = 0,526

Figura 85. Comparación medias de los datos simulados e históricos.

#### Test for Equal Variances: Frec versus Sim1,Data0

##### Method

Null hypothesis All variances are equal  
Alternative hypothesis At least one variance is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

##### 95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

Sim1,Data0	N	StDev	CI
0	365	0,300333	(0,245655; 0,369451)
1	365	0,286376	(0,222002; 0,371699)

Individual confidence level = 97,5%

##### Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	0,11	0,742
Levene	0,57	0,449

#### Test for Equal Variances: Frec vs Sim1,Data0

Test and CI for Two Variances: Frec vs Sim1,Data0				
Method				
Null hypothesis	$\sigma(0) / \sigma(1) = 1$			
Alternative hypothesis	$\sigma(0) / \sigma(1) \neq 1$			
Significance level	$\alpha = 0,05$			
Statistics				
				95% CI for
Sim1,Data0	N	StDev	Variance	StDevs
0	365	0,300	0,090	(0,252; 0,360)
1	365	0,286	0,082	(0,229; 0,360)
Ratio of standard deviations = 1,049				
Ratio of variances = 1,100				
95% Confidence Intervals				
	CI for StDev		CI for	
Method	Ratio		Variance	
Bonett	(0,793; 1,442)		(0,629; 2,079)	
Levene	(0,725; 2,122)		(0,526; 4,505)	
Tests				
			Test	
Method	DF1	DF2	Statistic	P-Value
Bonett	1	—	0,11	0,742
Levene	1	728	0,57	0,449

Figura 86. Test de igualdad de varianzas.

En la siguiente tabla se muestran los p-valores obtenidos en los estadísticos de igualdad de varianza y tasa de llegadas del proceso *Poisson* de generación de llegadas de pacientes de prioridad 1.

HORA	Test Poisson Rate (p-value)	Test for Equal Variances (p-valor)
23	0,446	0,742
22	0,901	0,910
21	0,909	0,464
20	0,572	0,373
19	0,917	0,600
18	0,834	0,838
17	0,547	0,943
16	0,617	0,317
15	0,218	0,346
14	0,793	0,354
13	0,731	0,933
12	0,939	0,878

11	0,608	0,559
10	0,539	0,482
9	0,289	0,410
8	0,230	0,164
7	0,430	0,352
6	0,869	0,870
5	0,281	0,146
4	0,871	0,753
3	0,784	0,949
2	0,672	0,668
1	0,371	0,154
0	0,892	0,790

Tabla 8. p-valor del estadístico de contraste para verificación tasa de llegadas simulada e histórica.

Se repite el proceso anterior de forma análoga para las 24 tasas medias de llegada del resto de prioridades, en función de los diferentes grupos de días descritas en apartados anteriores.

A continuación se realiza la **verificación de los pacientes de los diferentes itinerarios** dentro del sistema por prioridades, comprobando que los porcentajes obtenidos eran los deseados, a continuación se exponen un ejemplo de los mismo, en los que se ve el porcentaje de pacientes de prioridad 3 que tiene un tipo de triaje diferente dentro del sistema:

PRIORIDAD 3	% Históricos	% Simulados
Triage con ECG	0,002	0,002
Triage sin ECG sin Rx	0,872	0,868
Triage sin ECG con Rx	0,126	0,130

Tabla 9. Verificación porcentajes por tipo de triaje de prioridad 3.

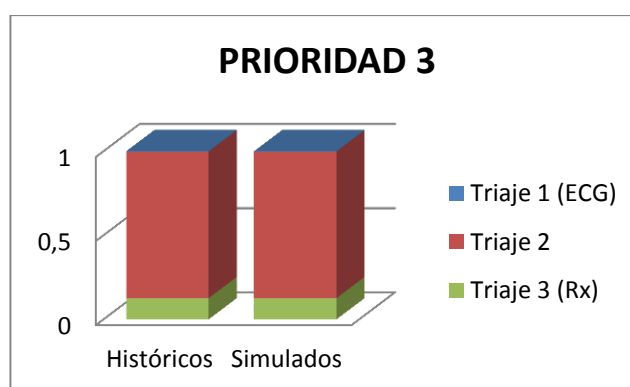


Figura 87. Representación gráfica tabla 4.

Dentro de los pacientes de cada triaje inicial se comprueba que los itinerarios a los que puede dirigirse también mantengan la proporción real. A modo de ejemplo se muestra los pacientes de prioridad 3 cuyo triaje no contenía ECG ni solicitud directa de Rx.

PRIORIDAD 3 (triaje sin ECG ni Rx, tipo2)	% Históricos	% Simulados
Tipo2_itin1	0,313	0,312
Tipo2_itin2	0,620	0,624
Tipo2_itin3	0,066	0,065

Tabla 10. Verificación porcentajes por por itinerario dentro de tipo de tirpo 2 de la prioirdad 3

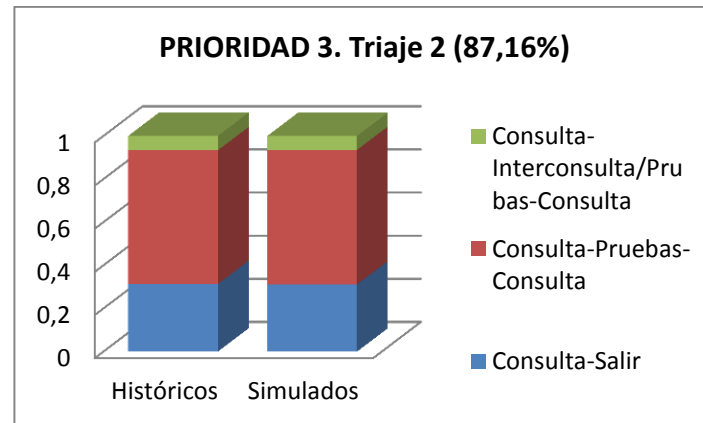


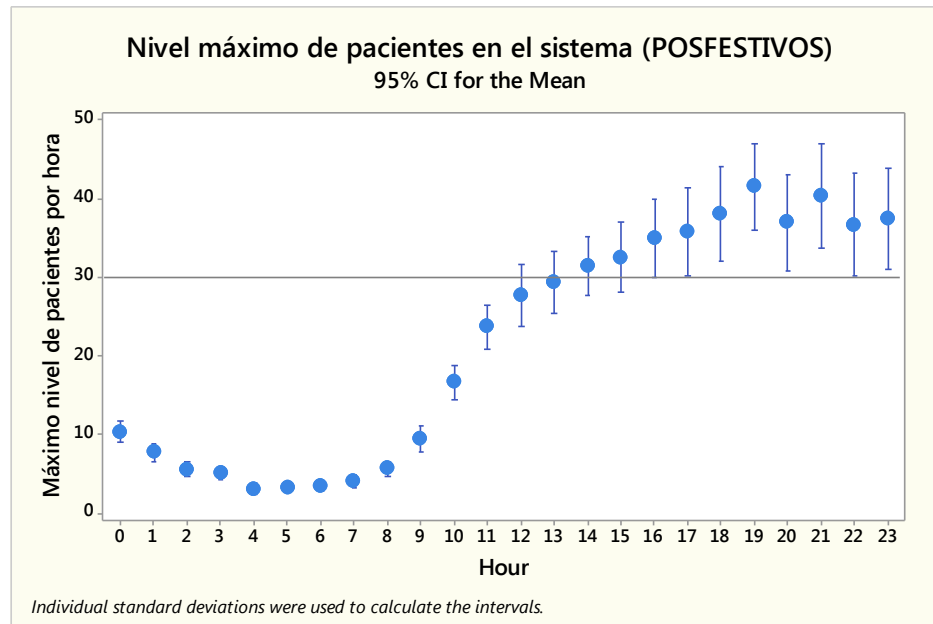
Figura 88. Representación gráfica tabla 6

También se han obtenido los datos de los flujos del sistema para todas las prioridades e itinerarios dentro del sistema.

## 7.2 VALIDACIÓN

Para la validación del modelo se ha contado con la **colaboración de expertos** y trabajadores del servicio de urgencias que han estado presentes durante la ejecución con animación del modelo de simulación. En ella han observado el funcionamiento del modelo de simulación, la consecución de las diferentes fases de los pacientes dentro del servicio, etc. y han determinado que se generan niveles de ocupación y carga médica similares a los vividos en su día a día durante su jornada laboral.





**Figura 89. Nivel máximo de pacientes en el sistema.**

Su valoración del correcto funcionamiento del modelo simulado acorde a la realidad se une a la comparación de los datos obtenidos en el modelo con los datos históricos disponibles. Para ello se utiliza uno de los KPI (“key performance indicators”) principales, la estancia del paciente en el sistema LOS (“length of stay”)[14].

Para ello se toman los tiempos obtenidos en el modelo para cada uno de los itinerarios seguidos por cada tipo de pacientes, y se comparan con los históricos, en los que aparece registrado “hora de triaje” y “hora de alta”.

A continuación mostramos a modo de ejemplo el grupo que representa el mayor volumen de trabajo del Circuito A objetivo principal del estudio: los pacientes de prioridad 4 a los que no se les realiza ECG en triaje ni solicitud directa de Rx, y que reciben una primera consulta, se les solicita y realiza una serie de pruebas complementarias, y reciben una segunda consulta.

En la siguiente gráfica se observa que a pesar de no ser una muestra de igual tamaño (se han tenido que descartar algunos datos por incompatibilidad y error en su registro) los datos históricos y simulados siguen una distribución similar:

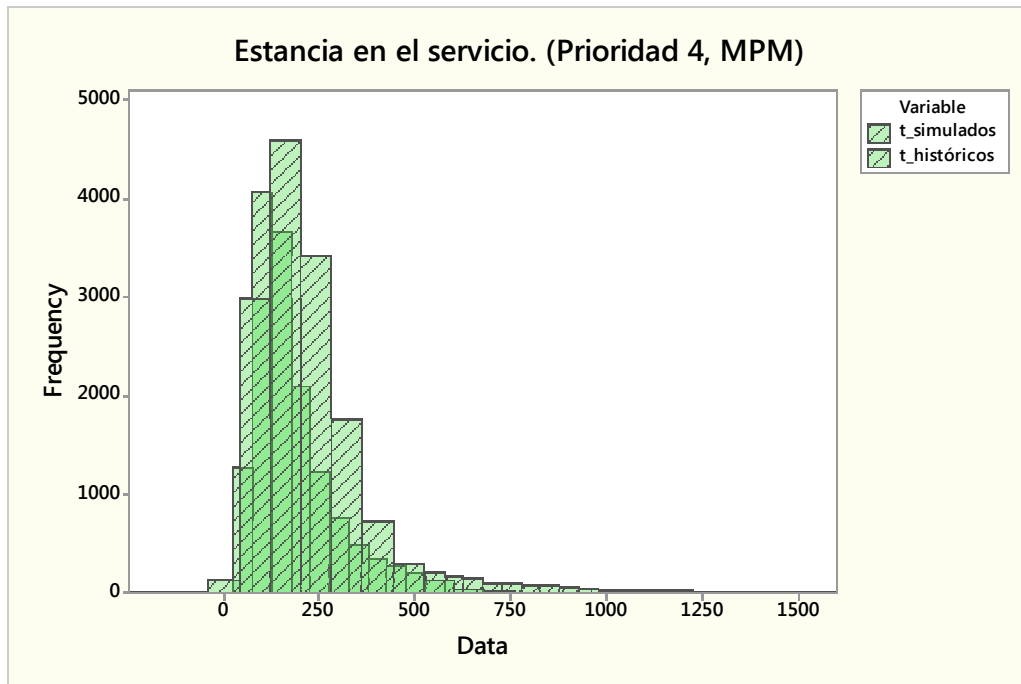


Figura 90. Distribución de tiempo con datos simulados y con históricos.

Para su comprobación numérica se realiza un test de equivalencia entre los datos simulados obtenidos para ese grupo de pacientes concreto (15.396 al año, más de 42 al día), obteniendo un resultado positivo:

## Two-Sample Equivalence Test: t\_simulados, t\_históricos

### Method

Test mean = mean of t\_simulados  
Reference mean = mean of t\_históricos  
Equal variances were not assumed for the analysis.

### Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean
t_simulados	15396	211,57	177,18	1,4279
t_históricos	14083	206,67	114,45	0,96440

Difference: Mean(t\_simulados) - Mean(t\_históricos)

Difference	SE	95% CI	Equivalence Interval
4,9010	1,7231	(0; 7,7353)	(-10; 10)

CI is within the equivalence interval. Can claim equivalence.

### Test

Null hypothesis: Difference  $\leq$  -10 or Difference  $\geq$  10  
Alternative hypothesis: -10 < Difference < 10  
 $\alpha$  level: 0,05

Null Hypothesis	DF	T-Value	P-Value
Difference $\leq$ -10	26593	8,6479	0,000
Difference $\geq$ 10	26593	-2,9592	0,002

The greater of the two P-Values is 0,002. Can claim equivalence.

Figura 91. Test de equivalencia datos simulados-históricos.

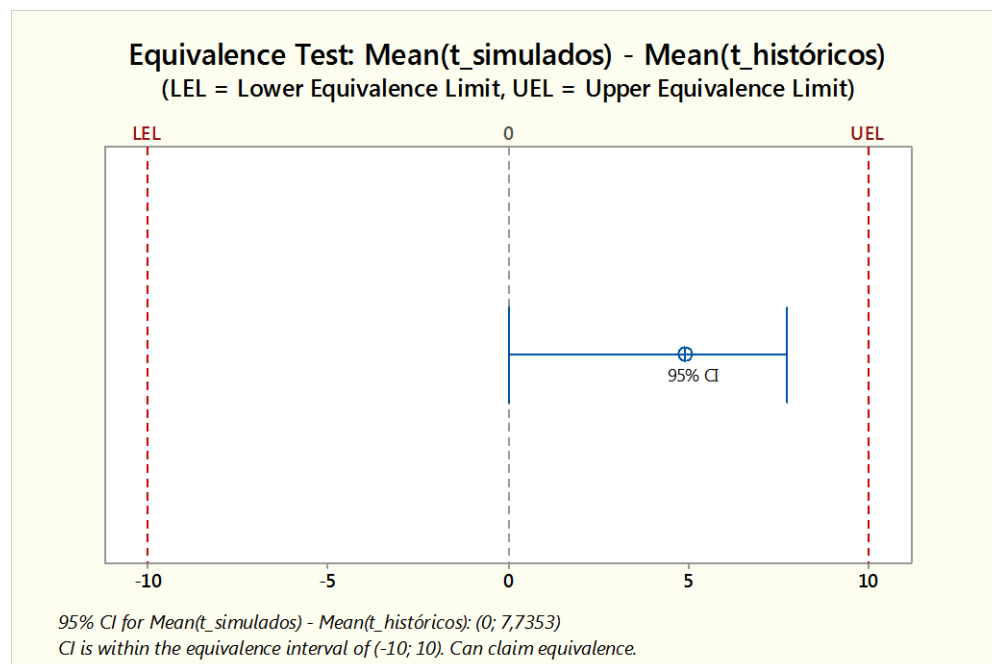


Figura 92. Representación gráfica del intervalo de confianza del test de equivalencia.

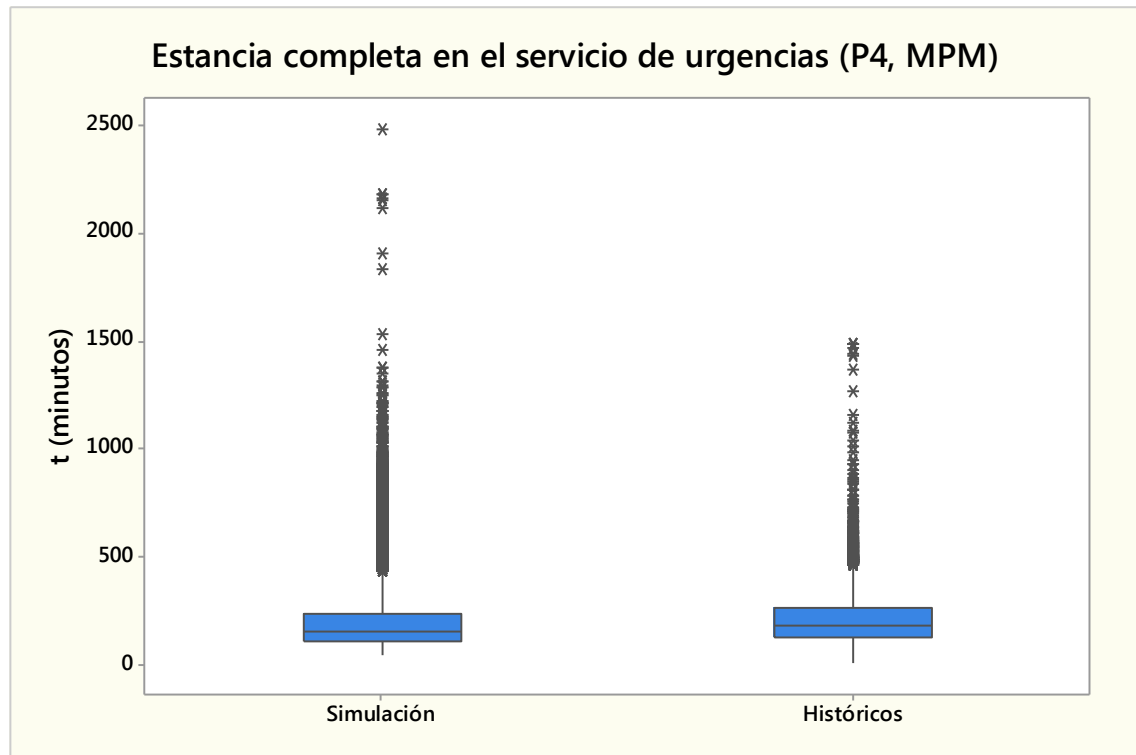


Figura 93. Gráfica de cajas de datos simulados e históricos.

Este proceso se ha repetido para cada uno de los flujos posibles dentro del sistema, consiguiéndose una gran similitud en el mismo. Sin embargo, por falta de datos, existe algún flujo de pequeño volumen para el que todavía se está trabajando su exacto desarrollo.

## 8. ANÁLISIS DE ASIGNACIÓN DE PACIENTES A LOS MÉDICOS DEL CIRCUITO ASISTENCIAL

### 8.1 GESTIÓN

#### *Gestión actual*

La asignación de pacientes a los diferentes médicos dentro del servicio de urgencias lo realiza la enfermera de triaje al final del mismo, en función del circuito al que derive al paciente. Actualmente, la gestión de esta asignación a un médico determinado del circuito se realiza de manera **cíclica**, es decir, los pacientes en orden de triaje se asignan de manera cíclica a los médicos del circuito A. En este caso no se presta atención a la gravedad del paciente sino que se van asignando en orden ascendente desde el primer médico del circuito (CA5) hasta el último (CA9 ó CA 10 en función del turno).

En la siguiente imagen aparecen los pacientes reales que entraron en el servicio de urgencias el día 6 de mayo entre las 11:18 y las 12:02 del mediodía sobre el panel de triaje en orden de llegada de forma ascendente. Se observa cómo la asignación de los pacientes derivados al circuito A o B se realiza de forma cíclica comenzado por la primera consulta del circuito A (CA5) hasta la última (CA 9) y se vuelve a empezar, (en el caso del circuito B se repite el mismo proceso pero con los distintos equipos médicos, de 1 a 3).

Panel de Urgencias Asignadas

Última Actualización Correcta: 06/05/2016 12:04:15 5

Hora	Non Ed.	Motivo	P	Esp.	Asignación	Ub.
12:02	GAR/64	Fiebre (o hipotermia)	3	SALA DE E	CB Eq 3	
11:57	UBA/35	Malestar general	4	SALA DE E	CA C 7	
11:56	SAN/79	Focalidad neurológica	2	CONSULTA	CB Eq 2	19
11:54	CAM/24	Herida	4	SALA DE E	CA C 6	
11:53	BELZ/88	Dolor Abdominal (inc. suelo pélvico)	3	POLIVALEN	CB Eq 1	49
11:50	MOF/80	Lesiones locales, bultomas	4	SALA DE E	CA C 5	
11:49	ARBH/80	Hemorragia	3	POLIVALEN	CB Eq 3	32
11:49	BENI/85	Malestar general	3	POLIVALEN	CB Eq 2	38
11:45	SAEZ/75	Inflamación Hinchazón	3	SALA DE E	CA C 8	
11:45	ALD/59	Alteración del comportamiento	3	RESERVAD	CA PSIQ	
11:44	PARI/78	Malestar general	3	SALA DE E	CA C 9	
11:40	RIVA/55	Miscelánea	5	SALA DE E	CA Trauma	
11:40	RAZI/51	Inflamación Hinchazón	3	SALA DE E	CA C 7	
11:36	MAR/37	Dolor Abdominal (inc. suelo pélvico)	3	SALA DE E	CAC 6	
11:36	LAZC/72	Parada cardiorrespiratoria	1	REANIMAC	CB Eq 1	
11:36	AMA/39	Alergias reacciones cutáneas	5	SALA DE E	CA C 5	
11:33	CIOF/68	Traumatismo extremidades	4	SALA DE E	CA Trauma	
11:32	TELL/62	Malestar general	3	POLIVALEN	CB Eq 3	39
11:31	GOR/52	Malestar general	3	POLIVALEN	CB Eq 2	43
11:30	JBAR/55	Dolor en fosa renal	3	SALA DE E	CA C 9	
11:25	BAN/51	Dolor torácico	3	CONSULTA	CB Eq 1	26
11:25	ISTU/73	Alt. del ritmo intestinal vómitos	4	SALA DE E	CA C 7	
11:25	MAR/68	Dolor en extremidades sin traumatismo	4	SALA DE E	CA C 8	
11:20	LAIN/38	Traumatismo extremidades	4	SALA DE E	CA C 6	
11:18	LAS/38	Dolor en extremidades sin traumatismo	4	SALA DE E	CA C 5	

Figura 94. Panel de triaje en un instante del día 6 de mayo de 2016.

En este caso, los pacientes que han llegado a urgencias durante el período mostrado en el panel que han sido derivados al circuito A, se han asignados de la siguiente manera a su salida de triaje.

- CA C5 (circuito A C5): prioridad 4
- CA C6 (circuito A C6): prioridad 4
- CA C8 (circuito A C8): prioridad 4
- CA C7 (circuito A C7): prioridad 4
- CA C9 (circuito A C9): prioridad 3
- CA C5 (circuito A C5): prioridad 5
- CA C6 (circuito A C6): prioridad 3
- CA C7 (circuito A C7): prioridad 3
- CA C9 (circuito A C9): prioridad 3
- CA C8 (circuito A C8): prioridad 3
- CA C5 (circuito A C5): prioridad 4
- CA C6 (circuito A C6): prioridad 4
- CA C8 (circuito A C8): prioridad 4
- CA C7 (circuito A C7): prioridad 4

El desorden en el ciclo en algunas ocasiones se debe a la realización de la asignación de forma manual y simultánea en las 4 cabinas, que en ocasiones produce confusión con una posterior necesidad de retriaje si ambas han asignado una misma consulta simultáneamente para no sobrecargarla y corregir el error. También puede deberse a que a pesar de haber entrado antes al sistema, la asignación se realiza al finalizar el triaje por parte de la enfermera, que ha podido ser posterior en el caso de un paciente que ha entrado antes.

Recopilando podemos establecer que la siguiente carga de trabajo asignada a los diferentes médicos durante el período comprendido en el panel de triaje mostrado anteriormente:

Número de pacientes asignados	CA5 (médico 1)	CA6 (médico 2)	CA7 (médico 3)	CA8 (médico 4)	CA9 (médico 5)
PRIORIDAD 3		1	1	1	2
PRIORIDAD 4	2	2	2	2	
PRIORIDAD 5	1				

Figura 95. Asignación pacientes durante el período mostrado en Figura 54.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, hay una consulta a la que se le han asignado dos pacientes de prioridad 3 (CA C9), más complicados, de solicitud de mayor número de pruebas complementarias generalmente, y mayor tiempo y dificultad de asistencia. Al mismo tiempo hay otra consulta (médico del circuito A) al que se le han asignado dos pacientes de prioridad 4 y uno de prioridad 5, ambos de menor prioridad (gravedad).

Esta situación de desequilibrio se produce en numerosas ocasiones a lo largo de la ejecución del modelo de simulación, confirmando la gran variabilidad de asignación de carga de trabajo de cada médico del circuito asistencial del servicio de urgencias que llevan manifestando los trabajadores a lo largo del tiempo.

Por ello queda patente la necesidad de plantear nuevas alternativas a la gestión de la asignación de pacientes a médicos desde triaje que se expondrán a continuación.

### ***Gestión alternativa***

#### ***Cíclica por prioridad:***

En este caso se considera la diferenciación entre pacientes asignados al circuito A de gravedad superior (Prioridad 3) y de gravedad inferior (Prioridad 4 y 5, éstos últimos representan un volumen muy pequeño de pacientes en comparación con el resto de prioridades). La asignación de pacientes de las dos gravedades diferenciadas se realizaría de forma paralela cíclicamente a los distintos médicos del circuito A.

Se consideraría un ciclo diferente para cada una de las prioridades, y cada uno de ellos rotaría en sentido opuesto, es decir, la asignación de pacientes de prioridad 3 se realizaría siguiendo el ciclo CA5-CA6-CA6-CA7-CA8-CA9-CA5-CA6... de forma paralela a la asignación de los de prioridades 4 y 5 que seguirían el ciclo opuesto CA9-CA8-CA7-CA6-CA5-CA9-CA8...

De este modo se evitaría el desequilibrio de pacientes con prioridades distintas a cada uno de los médicos.

### ***Equilibrado de carga de trabajo pendiente:***

Una forma de no sobrecargar a los médicos con un número excesivo de pacientes sería la asignación mediante equilibrado de la carga de trabajo pendiente, es decir, teniendo en cuenta los pacientes sin resolver que tiene asignados.

Para ello se emplearía las variables establecidas en el modelo que controlan en cada instante el estado de los pacientes de cada médico dentro del ciclo dentro del servicio, es decir, esperando a una primera consulta, con una interconsulta en curso, realizándose pruebas, etc.

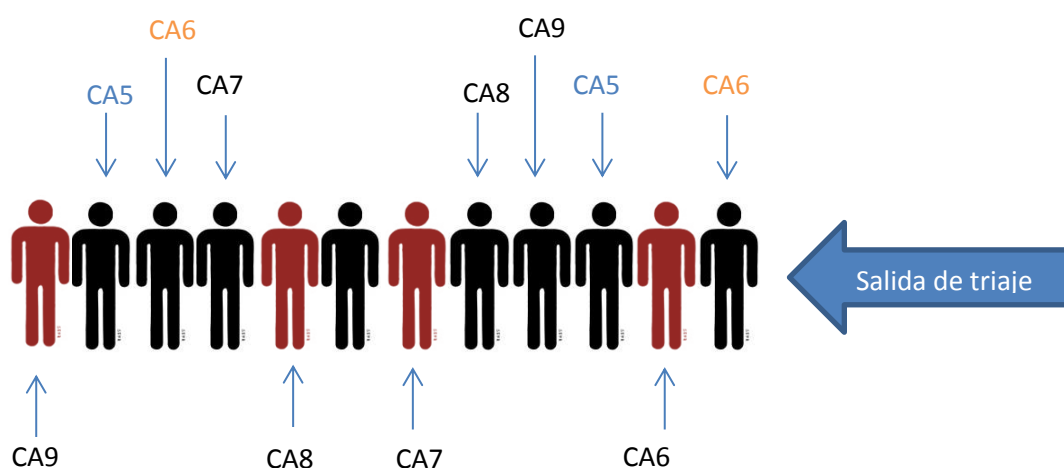
De este modo se evita asignar nuevos pacientes a médicos con mayor volumen de pacientes pendientes, con el consecuente mayor tiempo de espera de éstos últimos para ser atendidos. Esta política evitaría que médicos que han asignados pacientes más complicados debido a la aleatoriedad en la patología urgente no fueran sobrecargados con más pacientes.

### ***Equilibrado de carga de trabajo pendiente y realizado:***

Esta alternativa a la gestión anteriormente descrita de la asignación de pacientes corregiría las situaciones que podrían desencadenarse si únicamente se atiende al trabajo pendiente. En el caso anterior se favorecería a los médicos que permanecen durante más tiempo atendiendo a los pacientes y no resuelven los casos, desfavoreciendo a los que realizan su trabajo de forma eficiente.

Por ello en esta gestión alternativa se propone el uso de un factor de corrección de la carga pendiente en el que se considera los pacientes vistos en un período de tiempo anterior, para evitar el mal empleo que se puede hacer del sistema, teniendo en cuenta que el comportamiento humano influye notablemente el funcionamiento del mismo.

En el apartado siguiente se va a emplear el modelo de simulación construido para comparar la política de gestión de asignación de pacientes actual “**Cíclica**” con la primera de las descritas en este apartado “**Cíclica por prioridad**”.



**Figura 96. Alternativa de gestión de la asignación de pacientes.**



Para su comparación se ha programado un nuevo bloque de asignación de pacientes a los médicos en el caso de la gestión alternativa. Para ello en lugar de una única variable auxiliar de asignación se han empleado dos, una para los pacientes graves (prioridad 3) y otra para los menos graves (prioridades 4 y 5).

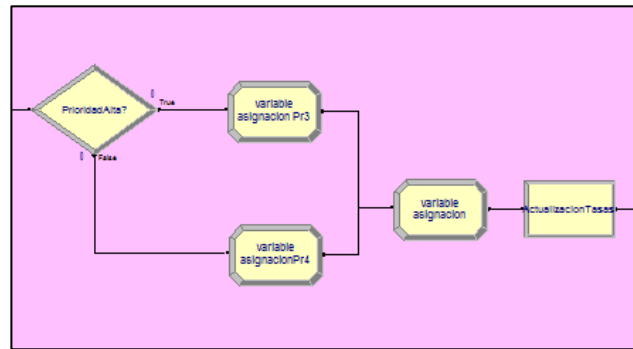


Figura 97. Programación de la alternativa de gestión en arena.

Ambas van cambiando de valor con la llegada de nuevos pacientes de su prioridad al sistema, una lo hace en orden ascendente mientras la hora en el descendente.

#### ***DoctorAssignmentVariablePr3\_A***

$$\begin{aligned}
 & (\text{DoctorAssignmentVariablePr3\_A} < \text{NumMedicosTurno}(\text{AINT}(\text{TNOW}/60)+1) \\
 & ) * (\text{DoctorAssignmentVariablePr3\_A} + 1) + 1 * (\text{DoctorAssignmentVariablePr3\_A} \geq \\
 & \text{NumMedicosTurno}(\text{AINT}(\text{TNOW}/60)+1) )
 \end{aligned}$$

#### ***DoctorAssignmentVariablePr4\_A***

$$\begin{aligned}
 & ((\text{DoctorAssignmentVariablePr4\_A} > 1) * (\text{DoctorAssignmentVariablePr4\_A} - \\
 & 1)) + ((\text{NumMedicosTurno}(\text{AINT}(\text{TNOW}/60)+1) * (\text{DoctorAssignmentVariablePr4\_A} \leq 1))
 \end{aligned}$$

## 8.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Nos encontramos ante un modelo de **simulación sin punto de finalización**, el servicio de urgencias representado funciona todos los días del año de forma ininterrumpida. Por ello, se precisa obtener datos de salida en estado estacionario. Sin embargo, este sistema se regenera casi diariamente, y puede considerarse cíclico, ya que hay instantes en los que el nivel de ocupación de pacientes es mínimo (desciende durante la noche en ocasiones prácticamente a 0).

Por tanto, en este caso concreto no es necesario período de calentamiento, ya que aunque empiece con nivel de ocupación 0, a lo largo de la ejecución pueden producirse estas mismas condiciones iniciales en más ocasiones.

Finalmente se ha realizado la ejecución de una replicación de 8760 horas (1 año) con el objetivo de comparar los resultados obtenidos con los datos históricos del año 2015 proporcionados por el personal sanitario. En caso de estudio posterior de otros problemas sobre el modelo en los que se requiera de una precisión mayor se ampliará el **horizonte de simulación**.

Con el objetivo de reducir la variabilidad de los datos, que influye notablemente en la precisión de estimaciones es necesaria la aplicación de **técnicas de reducción de varianza**. Una forma de reducir la varianza cuando se quiere comparar configuraciones es mediante los números aleatorios comunes. La idea es sincronizar los números aleatorios que están detrás de todos los datos con los que Arena opera, para que simulemos bajo las mismas condiciones externas.

Esto es especialmente útil en este caso en el que queremos **compara dos gestiones alternativas** de la asignación de pacientes a médicos sin que la aleatoriedad sea debida a la variabilidad de las distribuciones.

Arena tiene programado un generador de números aleatorios denominado “*combined multiple recursive generator (CMRG)*”; cuyo funcionamiento es el siguiente:

$$\begin{aligned} A_n &= (1403580 A_{n-2} - 810728 A_{n-3}) \bmod 4294967087 \\ B_n &= (527612 B_{n-1} - 1370589 B_{n-3}) \bmod 4294944443 \\ Z_n &= (A_n - B_n) \bmod 4294967087 \\ U_n &\left\{ \begin{array}{ll} Z_n / 4294967088 & \text{si } Z_n > 0 \\ 4294967087 / 4294967088 & \text{si } Z_n = 0 \end{array} \right\} \end{aligned}$$

La programación del CMRG en Arena es sencilla gracias a la división de su generador en Streams y Substreams. La secuencia se divide en  $1.8 \times 10^{19}$  streams de longitud  $1.7 \times 10^{38}$  cada uno. A su vez, cada stream puede dividirse en  $2.3 \times 10^{15}$  substreams de longitud  $7.6 \times 10^{22}$ . Por defecto, Arena usa el stream 10. La primera replicación la hará en el substream 1 del stream 10, la segunda replicación la hará en el substream 2 del stream 10 y así sucesivamente. Para

conseguir la sincronización indicaremos el stream cada vez que tengamos una distribución. Tanto en la alternativa 1 como en la alternativa 2, tendremos que usar los mismos streams en los módulos análogos. Esto se consigue sencillamente añadiendo el número del stream que se quiere utilizar detrás de los parámetros de la distribución, por ejemplo, UNIF(0,1,100), para usar el stream 100 en la generación de la distribución uniforme de mínimo 0 y máximo 100.

	1	2
1	EP(NORM(1.320, 0.54489, 110))	NORM(9.309, 4.673, 115)
2	EP(NORM(1.320, 0.54489, 111))	NORM(9.309, 4.673, 116)
3	EP(NORM(1.320, 0.54489, 112))	NORM(9.309, 4.673, 117)
4	EP(NORM(1.320, 0.54489, 113))	NORM(9.309, 4.673, 118)
5	EP(NORM(1.320, 0.54489, 114))	NORM(9.309, 4.673, 119)

Figura 98. Técnica de reducción de varianza implementada en arena.

## 8.3 RESULTADOS

El modelo de simulación presenta datos de funcionamiento semejantes para ambas alternativas desde el punto de vista de los pacientes, es decir, el tiempo de espera y la estancia de los mismos en el sistema (LOS) es similar en ambos casos. Sin embargo, tal y como cabía suponer, el tiempo de espera hasta la primera atención de los pacientes de mayor gravedad (Prioridad 3) se reduce ligeramente, al mismo tiempo que se incrementa el de los menos graves (Prioridades 4 y 5).

Output	Value	Output	Value
LimiteSuperado_P3	0.02783390	LimiteSuperado_P3	0.02461754
LimiteSuperado_P4	0.1728	LimiteSuperado_P4	0.1826
LimiteSuperado_P5	0.1990	LimiteSuperado_P5	0.2070

Figura 99. Proporción de pacientes que han superado el límite de espera de su prioridad.

La alternativa a la gestión actual de la asignación de pacientes no permite la asignación de aquellos de mayor gravedad simultáneamente a un mismo médico, a menos que el resto de médicos también contenga en su cola pacientes con las mismas características. De este modo se reduce el número en cola de pacientes y se sincronizan por gravedad de pacientes, aumentando ligeramente la calidad de atención a los pacientes graves (reducción de proporción con límite de

tiempo superado mostrado en la Figura 99), a la par que se aumenta ligeramente el tiempo de atención de pacientes leves.

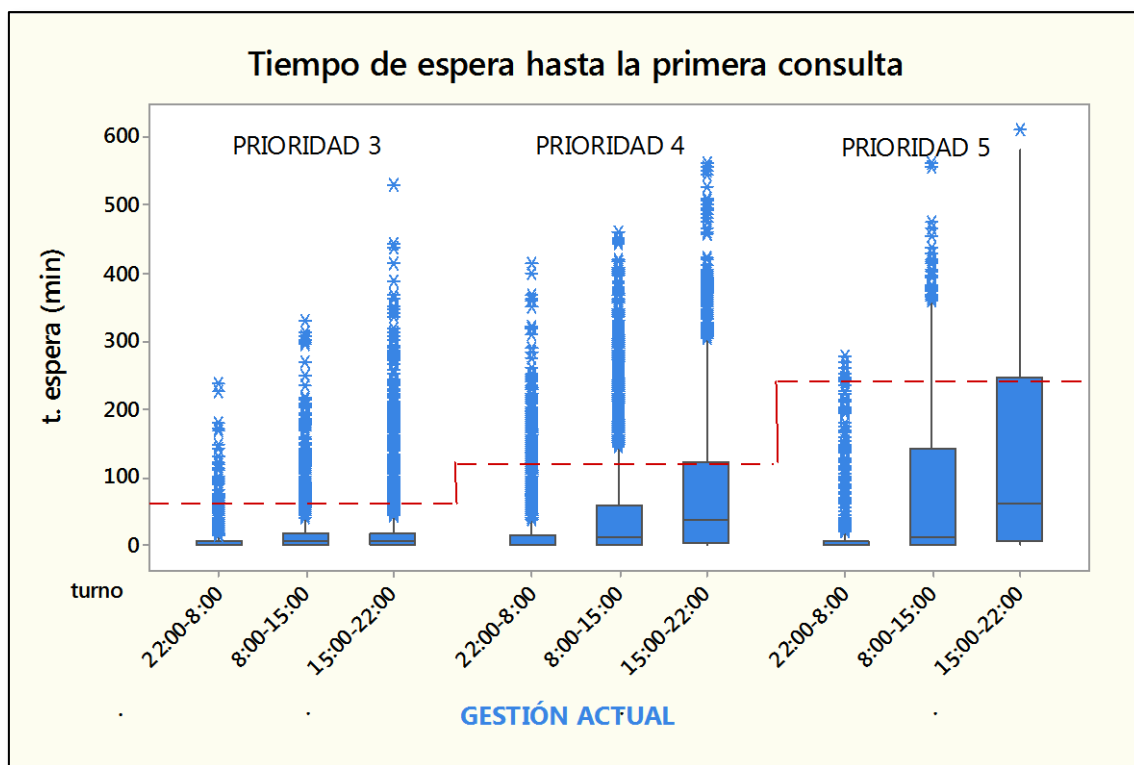


Figura 100. Tiempos de espera gestión actual.

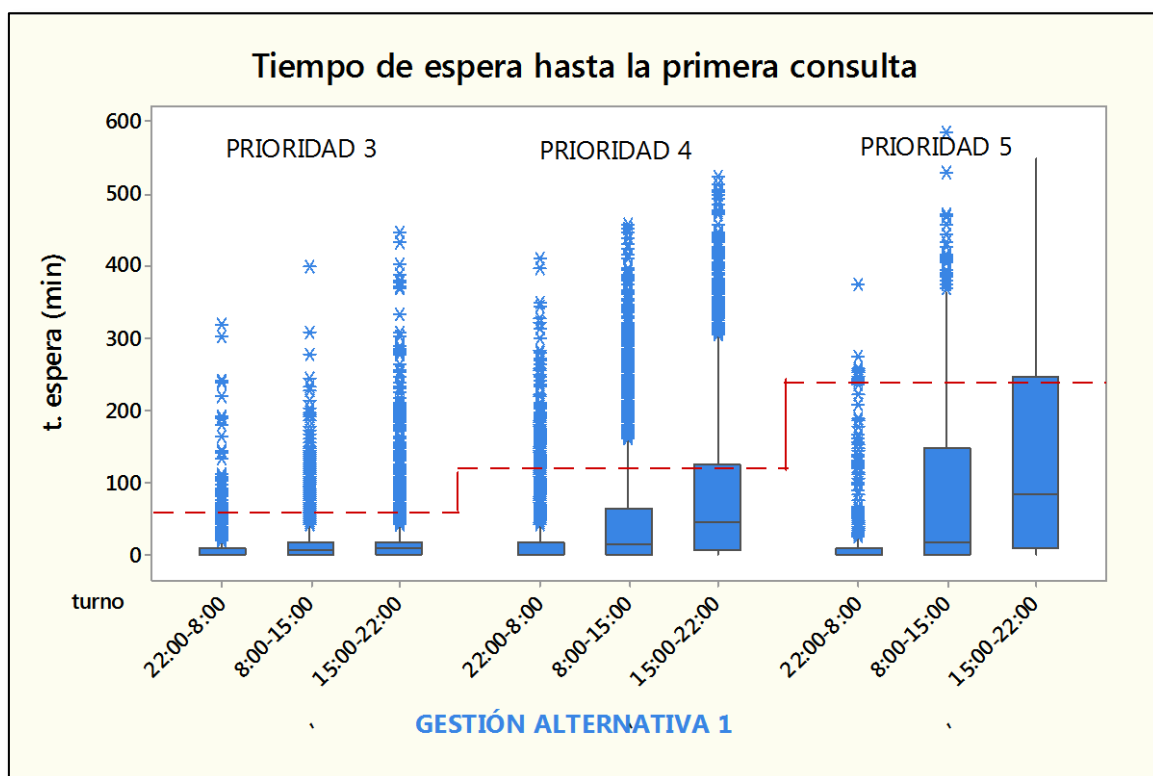


Figura 101. Tiempos de espera alternativa 1.

Nuestro objetivo principal de la simulación de ambas alternativas es la comparación de la variabilidad de la carga asignada a los diferentes médicos del circuito asistencial. Esta carga se mide como el número de pacientes asignados de cada gravedad a cada médico durante un turno de trabajo. Por tanto, se elige como medida de desempeño del funcionamiento (KPI) la desviación estándar del número de pacientes asignados de cada tipo a cada médico durante un turno,  $\sigma$ , que se calculará en ambos casos a partir del rango (diferencia entre el máximo y mínimo número de pacientes de una determinada prioridad asignada a alguno de los médicos del circuito asistencial).

$$\sigma_i = \frac{E(R)}{d_2},$$

donde  $i$  representa la gravedad de los pacientes destinados al circuito A (3 para los de prioridad 3 y 4 para los pacientes de prioridades 4 y 5).

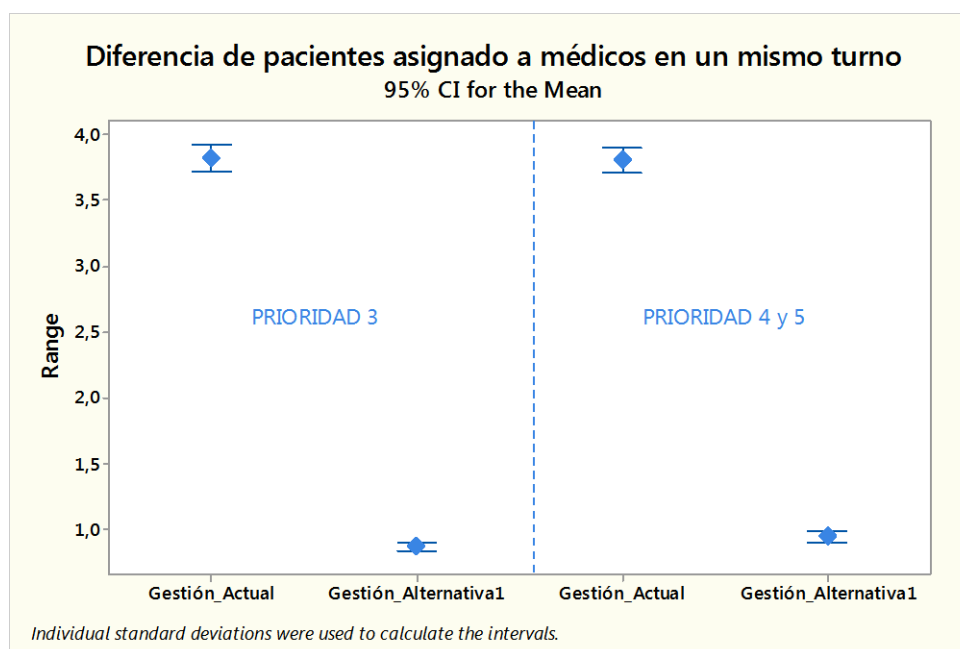
La estimación de la desviación típica se obtiene a partir de la estimación de la esperanza del rango. La constante  $d_2$  permite obtener una estimación insesgada y depende del tamaño de la muestra sobre la que se calcula el rango, que es variable, ya que el número de médicos varía en función del día y del turno dentro del mismo.

Posteriormente se calcula la desviación estándar como media ponderada de las desviaciones de los 1096 turnos del año (3 por día).

A continuación se exponen los resultados de ambas alternativas:

	$\sigma_3$	$\sigma_{4y5}$
<b>ANUAL</b>		
Gestión Actual	1,605	1,598
Alternativa 1	0,363	0,392
Reducción Variabilidad	77,403 %	75,472 %
<b>TURNO 8:00-15:00</b>		
Gestión Actual	1,217	1,223
Alternativa 1	<b>0,337</b>	<b>0,344</b>
Reducción Variabilidad	72,314 %	71,869 %
<b>TURNO 15:00-22:00</b>		
Gestión Actual	1,804	1,808
Alternativa 1	<b>0,366</b>	<b>0,386</b>
Reducción Variabilidad	79,682 %	78,668 %
<b>TURNO 22:00-8:00</b>		
Gestión Actual	1,799	1,768
Alternativa 1	<b>0,380</b>	<b>0,416</b>
Reducción Variabilidad	78,857 %	76,463 %

Tabla 11. Desviación típica del número de pacientes asignados por cada gravedad a cada médico en un mismo turno.



**Tabla 12. Comparativa de la esperanza del rango en el número de pacientes asignados a cada médico en un mismo turno.**

Se comprueban gráficamente y numéricamente la variabilidad en la carga de trabajo asignada se reduce más de un 75% tanto en pacientes graves (Prioridad 3) como en el resto de pacientes (Prioridades 4 y 5).

Como una tercera alternativa se introduce una ligera modificación a la política de gestión anterior para reducir no solo la variabilidad en la carga asignada al médico, sino también la carga de trabajo total del mismo. Esta diferenciación reside en el hecho de que los médicos al comenzar su turno en urgencias heredan los pacientes que el médico del turno anterior todavía no había terminado de resolver, lo que produce un sesgo en la carga total de trabajo (la asignada durante su turno más la heredada del médico del turno anterior).

Para ello, se establece un módulo de control del turno, y cuando éste llega a su fin realiza una reasignación de los pacientes existentes a los nuevos médicos que entran a trabajar, para que todos comiencen su jornada laboral con la misma carga de trabajo y no haya desequilibrios iniciales. En la política actual implementada, únicamente se reasignaban los pacientes cuya consulta (médico) acababa su turno y no era relevada por otro médico (paso de 6 a 5 consultas los lunes al mediodía, por ejemplo).

Con ello obtenemos la siguiente medida de la variabilidad de **carga de trabajo total** (a diferencia de los resultados anteriores, referido a la variabilidad de la nueva carga de trabajo asignada al médico de un determinado turno, sin considerar la carga heredada) reduciendo al máximo su varianza:

	$\sigma_3$	$\sigma_{4y5}$
ANUAL	0,339	0,335
TURNO 8:00-15:00	0,346	0,330
TURNO 15:00-22:00	0,332	0,337
TURNO 22:00-8:00	0,340	0,338

Tabla 13. Desviación típica de la asignación de carga total a los diferentes médicos durante su turno.

## 8.4 CONCLUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El objetivo de este capítulo era la utilización del modelo de simulación que reproduce el comportamiento del servicio de urgencias -desarrollado e implementado en capítulos anteriores- como soporte que proporciona información relevante para la toma de decisiones con el fin de mejorar la eficiencia en la gestión.

Ha quedado demostrado con el modelo, que la implementación de la **alternativa propuesta** a la actual gestión de asignación de pacientes en triaje a los médicos resulta **exitosa y mejora** notablemente el funcionamiento.

En este caso se ha implementado una gestión de la misma tipología, manteniendo la estructura general del proceso, y el instante de la realización de la asignación. Los pacientes **a su llegada** a urgencias son asignados al médico correspondiente, creándose de este modo tantas **colas** como médicos estén trabajando durante el turno.

Sin embargo, la ligera modificación introducida en la forma de asignación inicial de los mismos, es suficiente para **reducir más de un 75% la variabilidad** de la carga de trabajo asignada (número de pacientes asignados de cada gravedad) a médicos dentro de un mismo turno, lo que mejora notablemente el desempeño posterior de los mismo y la atención al paciente.

## 9. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto era el desarrollo de un modelo de simulación que permita reproducir el comportamiento del servicio de urgencias, con una precisión suficiente para proporcionar información relevante sobre el mismo, que sea útil en la toma de decisiones concernientes a su dimensionamiento y gestión.

De este modo, el modelo de simulación sirve como punto de partida para la elaboración de intervenciones para mejorar la atención a los pacientes que acuden al servicio de urgencias. En particular, al final de su análisis, desarrollo e implementación, se ha experimentado con el mismo para comprobar su utilidad, validez y contrastar distintas políticas de gestión de la asignación de los pacientes a los médicos del circuito asistencial A.

El objetivo del análisis era la reducción de la variabilidad en la carga de trabajo asignada a los equipos médicos sin empeorar la calidad de la atención del paciente. Mediante la implementación de una alternativa de gestión a la actual se ha conseguido reducir más de un 75% esta variabilidad, demostrando el éxito de esta nueva propuesta.

Los exitosos resultados obtenidos en el primer ejercicio de optimización en la gestión del servicio de urgencias incentiva la ampliación del modelo de simulación y su utilización en otros puntos del funcionamiento del mismo. Podrá emplearse para experimentarse diferentes políticas de gestión alternativas con el objetivo de mejorar la eficiencia y funcionamiento del servicio, así como optimizar recursos, dimensionamiento, etc.

Como consecuencia final, esta exitosa ejecución tendrá un impacto sobre la salud de los pacientes, ya que la obtención de estrategias para un uso eficiente de los recursos materiales y humanos demuestra que repercute en la disminución de los tiempos de espera de los pacientes más graves. Asimismo, las políticas eficientes experimentadas afectan a la carga de trabajo del personal sanitario y en consecuencia a la seguridad de los pacientes, con una mayor calidad en la asistencia, incrementando el grado de satisfacción de todos los usuarios del sistema.

Finalmente, el trabajo con ese modelo permitirá realizar protocolos de actuación ante diferentes situaciones puntuales de gran presión asistencial utilizando los recursos necesarios, que beneficiará a los potenciales usuarios, el total de la población. Cualquier persona es susceptible de necesitar una atención en el servicio de urgencias.

Además, el modelo de simulación se construye a partir de datos y de la información proporcionada por profesionales del servicio de urgencias del Complejo Hospitalario de Navarra, pero la metodología de análisis desarrollada podría ser adaptada para el análisis de otros servicios de urgencias.



## 10. TRABAJO EN CURSO

Actualmente el modelo de simulación está en fase de ampliación e incorporación de todos los elementos principales nombrados en el apartado de modelado estructural con el objetivo del planteamiento de problema multiobjetivo que contemplen simultáneamente coste y utilización de recursos en diferentes puntos del servicio para la mejorara de su funcionamiento global.

Así mismo se está experimentando con nuevas políticas de gestión de asignación de carga de trabajo propuestas en el presente proyecto para valorar la implementación de la óptima sobre el sistema real. También se está trabajando en el problema mencionado de gestión de colas de pacientes asignados a un mismo médico, es decir, en la gestión que un equipo médico sobre sus propios pacientes.

Como consecuencia del desarrollo del modelo y sus resultados iniciales se han detectado numerosos puntos de mejora y se están planteando soluciones para la resolución de los problemas, como la optimización de número de médicos por turno equilibrando carga de trabajo y tiempo de espera de los pacientes, etc.

Por tanto, el presente proyecto ha servido como punto de partida para la obtención de un instrumento y metodología para mejorar la eficiencia organizativa en la atención a las urgencias, y supone

# 11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Robert, «Introduction To the Art and Science of Simulation», *Proc. 1998 Winter Simul. Conf.*, pp. 7-14, 1998.
- [2] W. Abo-Hamad y A. Arisha, «Simulation-based framework to improve patient experience in an emergency department», *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 224, n.º 1, pp. 154-166, 2013.
- [3] A. Wiinamaki y R. Dronzek, «Emergency departments I: using simulation in the architectural concept phase of an emergency department design», *Proc. 35th Conf. Winter*, 2003.
- [4] M. Unidas, «Memoria 2013», *Manos Unidas. Campaña contra el hambre*, p. 24, 2013.
- [5] S. J. Traub, C. F. Stewart, R. Didehban, A. C. Bartley, S. Saghafian, V. D. Smith, S. M. Silvers, R. LeCheminant, y C. A. Lipinski, «Emergency Department Rotational Patient Assignment.», *Ann. Emerg. Med.*, vol. 67, n.º 2, pp. 206-15, feb. 2016.
- [6] M. J. Ward, Y. B. Ferrand, L. F. Laker, C. M. Froehle, T. J. Vogus, R. S. Dittus, S. Kripalani, y J. M. Pines, «The nature and necessity of operational flexibility in the emergency department», *Ann. Emerg. Med.*, vol. 65, n.º 2, pp. 156-161, 2015.
- [7] Y. H. Kuo, O. Rado, B. Lupia, J. M. Y. Leung, y C. A. Graham, «Improving the efficiency of a hospital emergency department: a simulation study with indirectly imputed service-time distributions», *Flex. Serv. Manuf. J.*, 2014.
- [8] T. Wang, A. Guinet, A. Belaidi, y B. Besombes, «Modelling and simulation of emergency services with ARIS and Arena. Case study: the emergency department of Saint Joseph and Saint Luc Hospital», *Prod. Plan. Control*, vol. 20, n.º 6, pp. 484-495, 2009.
- [9] A. M. Best, C. a Dixon, W. D. Kelton, C. J. Lindsell, y M. J. Ward, «Using discrete event computer simulation to improve patient flow in a Ghanaian acute care hospital», *Am. J. Emerg. Med.*, vol. 32, n.º 8, pp. 917-922, 2014.
- [10] N. R. Hoot, L. J. LeBlanc, I. Jones, S. R. Levin, C. Zhou, C. S. Gadd, y D. Aronsky, «Forecasting Emergency Department Crowding: A Discrete Event Simulation», *Ann. Emerg. Med.*, vol. 52, n.º 2, pp. 116-125, 2008.
- [11] O. EL-Rifai, T. Garaix, V. Augusto, y X. Xie, «A stochastic optimization model for shift scheduling in emergency departments», *Health Care Manag. Sci.*, vol. 18, n.º 3, pp. 289-302, 2015.
- [12] M. Rossetti y G. Trzcinski, «Emergency department simulation and determination of optimal attending physician staffing schedules», *Proceedings, 1999 ...*, 1999.
- [13] A. Kumar y R. Kapur, «Discrete simulation application-scheduling staff for the emergency room», *Proc. 21st Conf. Winter*, 1989.
- [14] W. Abo-Hamad y A. Arisha, «Simulation-based framework to improve patient experience in an emergency department», *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 224, n.º 1, pp. 154-166, 2013.
- [15] W. Kelton y A. Law, «Simulation modeling and analysis», 2000.
- [16] Non-Uniform Random Variate Generation 1986th Edition

## 12. ANEXOS

## ANEXO 1. Análisis del patrón de llegadas.

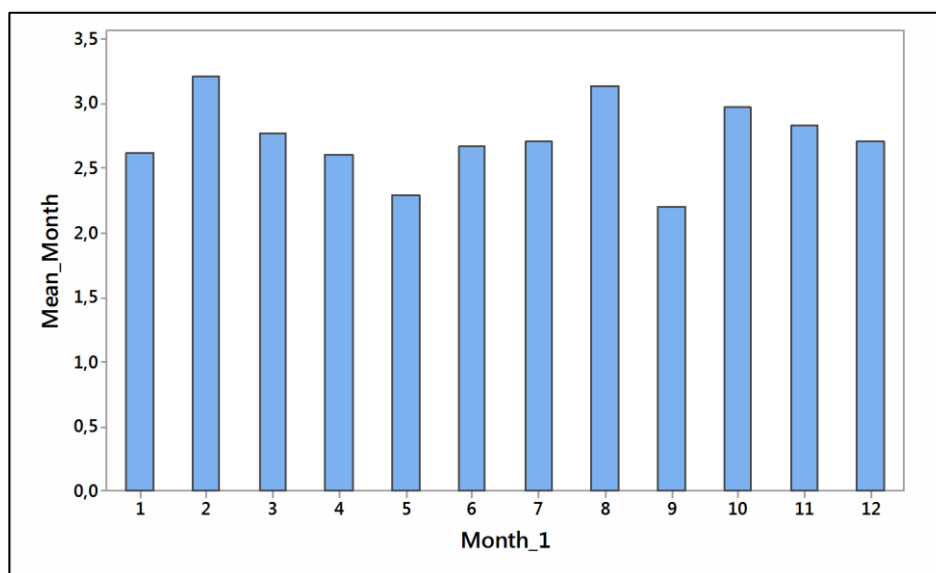
## PRIORIDAD 1

En este apartado se detalla el proceso a seguir en el análisis de la tasa de llegadas y las influencias de los diferentes factores sobre las mismas. Es un proceso que se repite de forma análoga en el resto de pacientes de otras prioridades.

### **Influencia del mes y del día del mes**

En primer lugar se observa la distribución de llegadas de prioridad 1 en función de los meses. Se ha realizado un recuento del número de llegadas a lo largo del mes y se ha dividido por el número de días de cada uno de ellos para evitar sesgos.

Se puede considerar que no hay patrones estacionales a lo largo del año (ver Figura 102) y que la tasa de llegada media por día de cada mes es uniforme. Los pacientes de esta prioridad no presentan picos de afluencia significativos, no tienen componente estacional.



**Figura 102. Tasa media de llegadas por mes del año de la prioridad1.**

A continuación, se observa la distribución de llegadas en función de los días dentro del mes de prioridad 1. Se realiza el recuento del número de llegadas por días del mes de 1 a 31, y se corrige dividiendo por el número de meses que contienen ese número de día.

Se puede considerar que no hay tendencias dentro de los meses y que las llegadas de esta gravedad se distribuyen uniformemente a lo largo del mes de la siguiente manera (Figura 103):

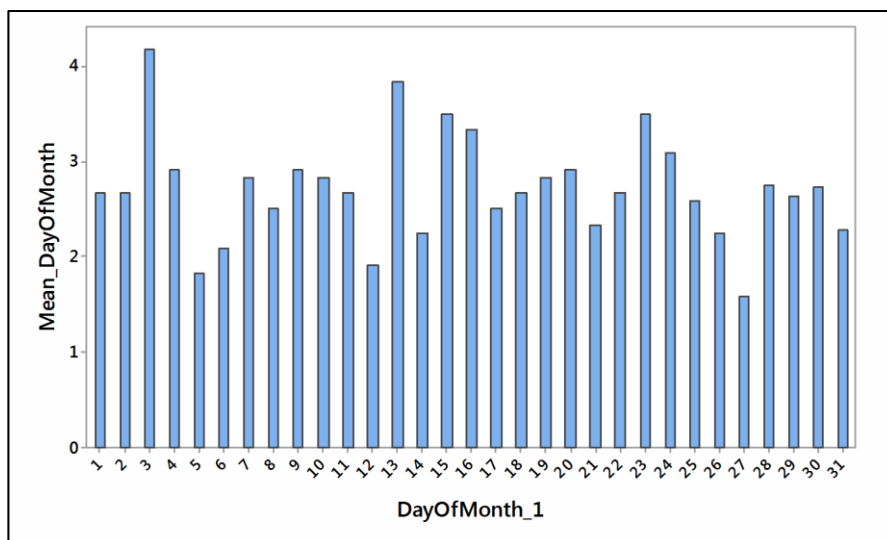


Figura 103. Tasa media de llegadas por día del mes de los pacientes de prioridad 1.

### Análisis cuantitativo de la influencia del mes

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad1\_Recuentos” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “Month\_DayOfMonth” del archivo “Prioridad1\_Recuentos” procedente de consultas realizadas en Access se obtiene el siguiente análisis ANOVA que confirma la primera hipótesis anteriormente planteada.

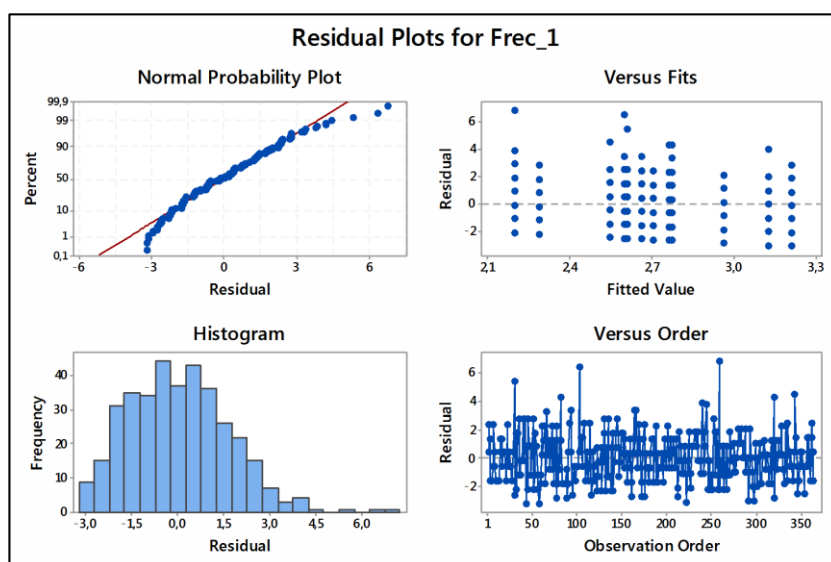


Figura 104. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 1 en función del mes.

En la figura anterior se observa una primera aproximación al modelo ANOVA. Se muestran las diferentes gráficas de los residuos en los que observamos cómo el error parece que sigue una

distribución normal. Sus observaciones son simétricas respecto al cero (media) con una varianza igual en todos ellos (variabilidad similar sin tendencias ascendentes o descendentes).

En el caso del histograma también se observa claramente que tiene forma acampanada, centrada en 0, similar a la de una distribución normal. Por ello, basándonos en el resto de gráficas, así como en este último, podemos afirmar que las hipótesis asumidas para que el análisis resulte válido son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo el mes no afecta a la tasa de llegada media de los pacientes. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de las mismas (observamos cómo los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{12}$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$

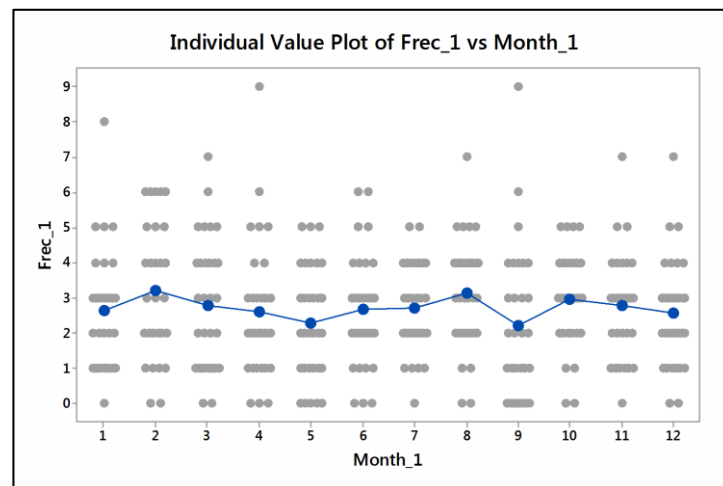


Figura 105. Tasa de llegadas por mes, prioridad 1.

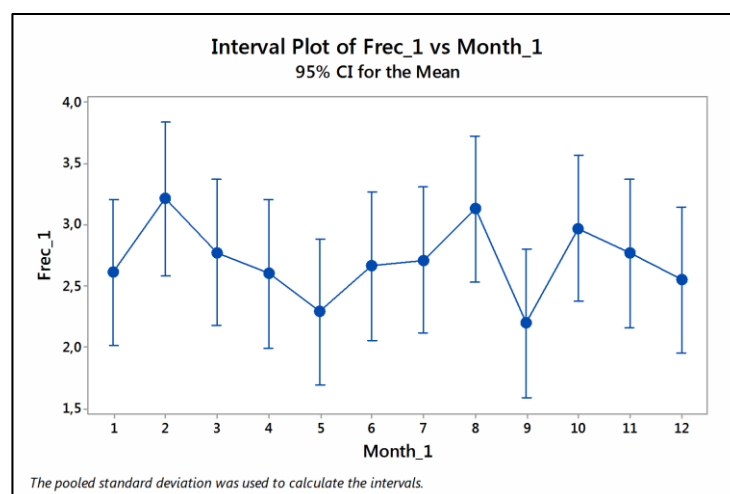


Figura 106. Intervalo de confianza tasa de llegadas por mes, prioridad 1.

Se aprecia un ligero descenso en septiembre y un ligero ascenso en febrero (Figura 106) pero éstos no son significativos, ya que los intervalos de confianza son lo suficientemente amplios debido al escaso número de pacientes de esta prioridad en comparación con el resto. El p-valor de la distribución F del análisis ANOVA de medias es de 0,496, por lo que no hay indicios suficientes para rechazar la hipótesis nula que establece igual tasa de llegadas por día para todos los meses.

One-way ANOVA: Frec_1 versus Month_1					
Method					
Null hypothesis	All means are equal				
Alternative hypothesis	At least one mean is different				
Significance level	$\alpha = 0,05$				
Equal variances were assumed for the analysis.					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Month_1	12	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Month_1	11	29,62	2,693	0,95	0,496
Error	353	1004,43	2,845		
Total	364	1034,04			
Model Summary					
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
	1,68683	2,86%	0,00%	0,00%	

Figura 107. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del mes.

### Análisis cuantitativo de la influencia del día del mes

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad1\_Recuentos” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “Month\_DayOfMonth” del archivo “Prioridad1\_Recuentos” procedente de consultas realizadas en Access se obtiene el siguiente análisis ANOVA que confirma la primera hipótesis anteriormente planteada.



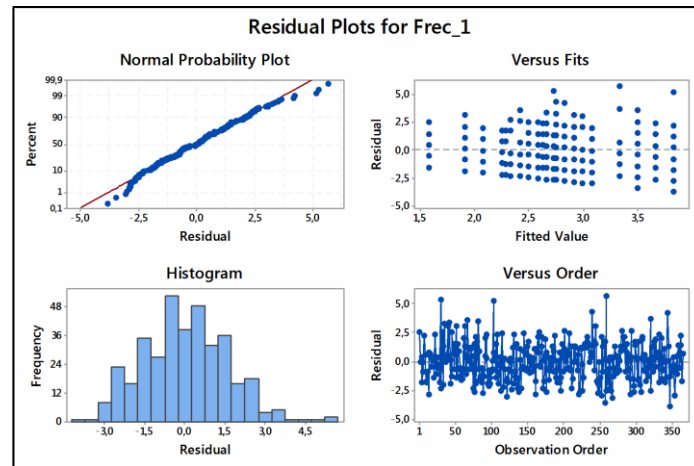


Figura 108. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 1 en función del día del mes.

Al igual que en el análisis anterior, el error parece que sigue una distribución normal. Sus observaciones son simétricas respecto al cero (media) con una varianza igual en todos ellos (variabilidad similar sin tendencias ascendentes o descendentes).

La gráfica del histograma, también se observa claramente que tiene forma acampanada similar a la de una distribución normal. Por ello, basándonos en todas las gráficas, se puede afirmar que las hipótesis asumidas para este análisis son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo el mes no afecta a la tasa de llegadas. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de las mismas (observamos cómo los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{31}$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$

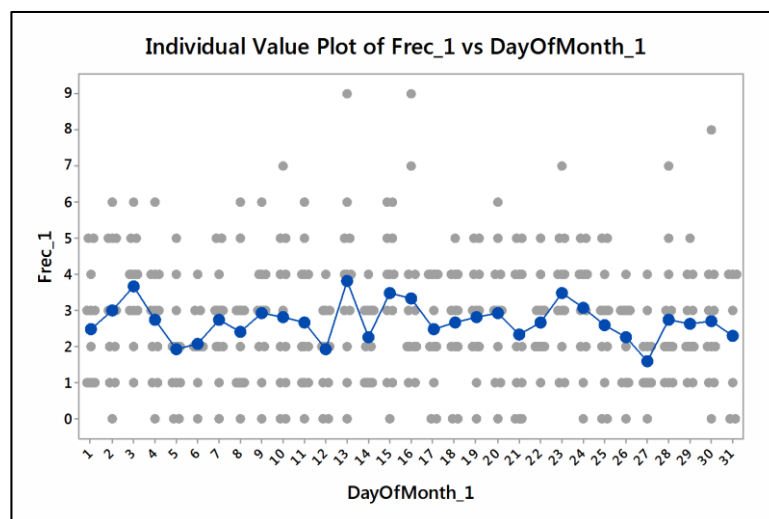


Figura 109. Tasa de llegadas por día dentro del mes, prioridad 1

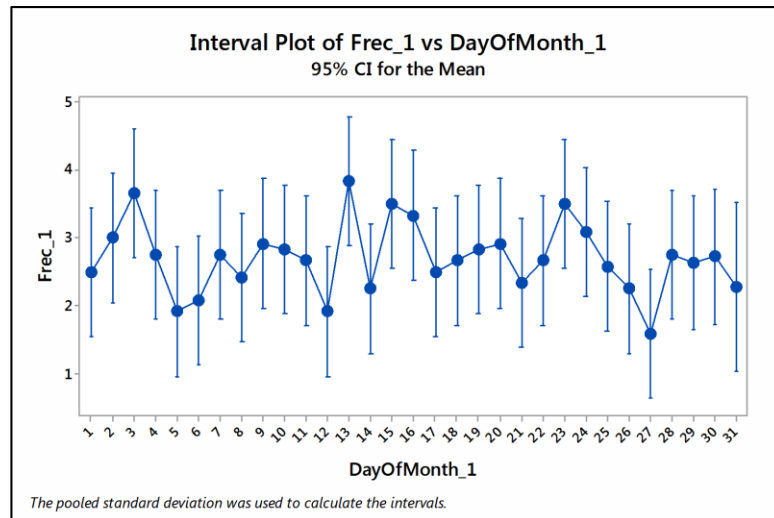


Figura 110. Intervalo de confianza tasa de llegadas por día dentro del mes, prioridad 1.

Se aprecian ligeros picos y depresiones a lo largo de los días del mes, pero no son lo suficientemente significativas para establecer un patrón determinado a lo largo del mismo. El p-valor de la distribución F del análisis ANOVA de medias es de 0,295 ( $>0,05$ ), por lo que no hay indicios suficientes para rechazar la hipótesis nula que establece igual tasa de llegadas por día dentro de los meses.

# One-way ANOVA: Frec\_1 versus DayOfMonth\_1

Method

Null hypothesis            All means are equal  
Alternative hypothesis    At least one mean is different  
Significance level         $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
DayOfMonth_1	31	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
DayOfMonth_1	30	95,39	3,180	1,13	0,295
Error	334	938,66	2,810		
Total	364	1034,04			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,67641	9,22%	1,07%	0,00%

Figura 111. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del día del mes.

### Influencia del día de la semana y de su carácter laboral o festivo

En este apartado se observa la distribución de llegadas de prioridad 1 en función de los días de la semana. Se ha realizado un recuento del número de llegadas a lo largo de los diferentes días

de la semana y se ha dividido entre el número de los mismos, contenidos en el año para evitar sesgos (hay un jueves más que el resto).

Se puede considerar que no hay diferencias a lo largo de la semana, a excepción del fin de semana, que en un primer vistazo parece ligeramente inferior.

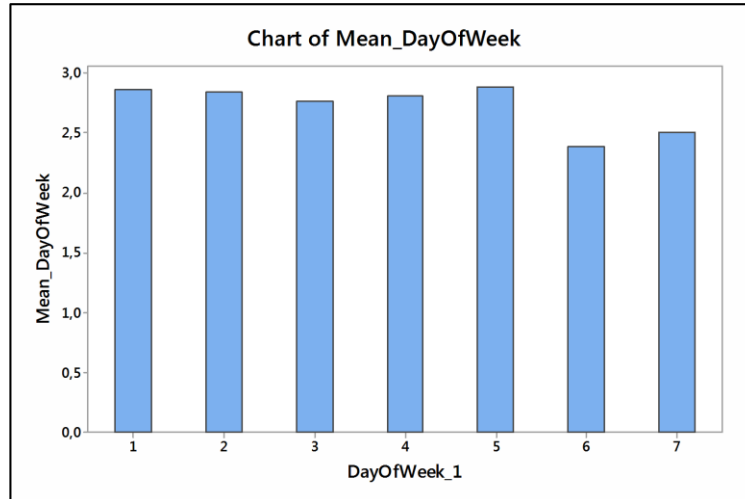


Figura 112. Tasa media de llegadas por día de la semana de la prioridad1.

A continuación, se observa la distribución de llegadas en función del tipo de día de prioridad 1. Se realiza el recuento del número de llegadas por días únicamente laborables (0), pre-festivos (1), post-festivos (2), Festivos(3), entre-festivos (4) y sanfermines (5), y se corrige dividiendo por el número de días de cada tipo: 136, 51, 51, 113, 5 y 9 respectivamente, sumando un total de 365 días que tuvo el año 2015.

Se puede considerar un ligero aumento en las llegadas los pos-festivos (2) así como un valle en los puentes (entre festivos).

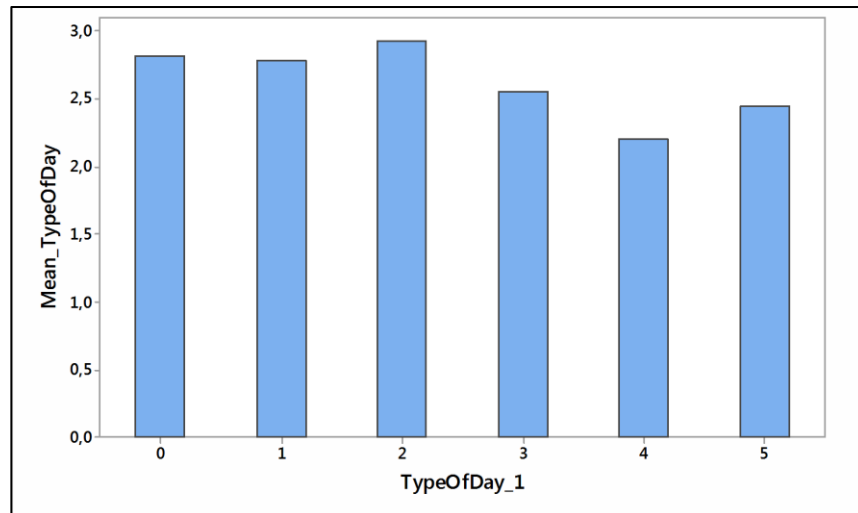


Figura 113.Tasa media de llegadas por tipo de día de la prioridad1.

### Análisis cuantitativo de la influencia del día de la semana

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad1\_Recuentos” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “TypeOfDay\_DayOfWeek” del archivo “Prioridad1\_Recuentos” procedente de consultas realizadas en Access se obtiene el siguiente análisis ANOVA que confirma la primera hipótesis anteriormente planteada.

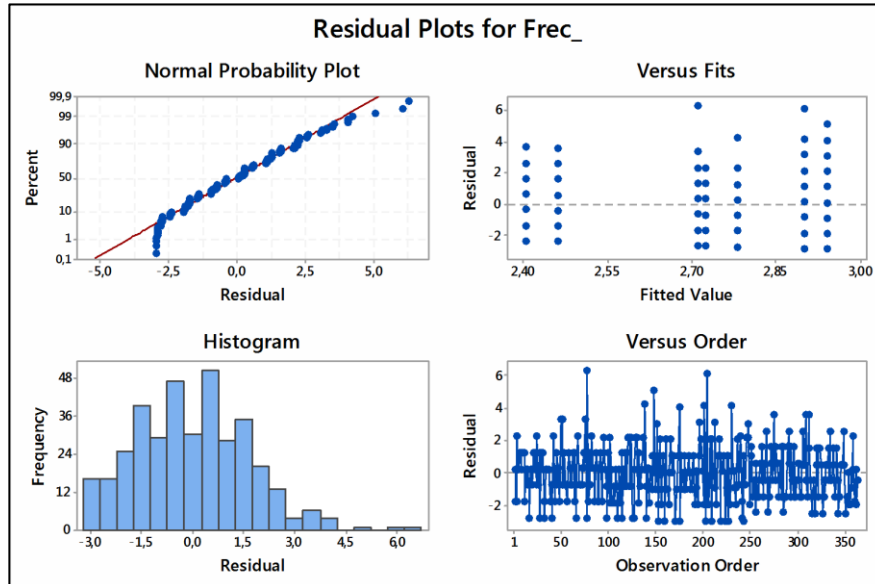


Figura 114.Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 1 en función del día de la semana.

Acorde con la distribución de los residuos podemos afirmar que las hipótesis asumidas para la validación del análisis son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo el día de la semana no afecta a la tasa de llegadas. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de medias de llegadas a lo largo de los diferentes días de la semana (observamos cómo todos los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_7$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$

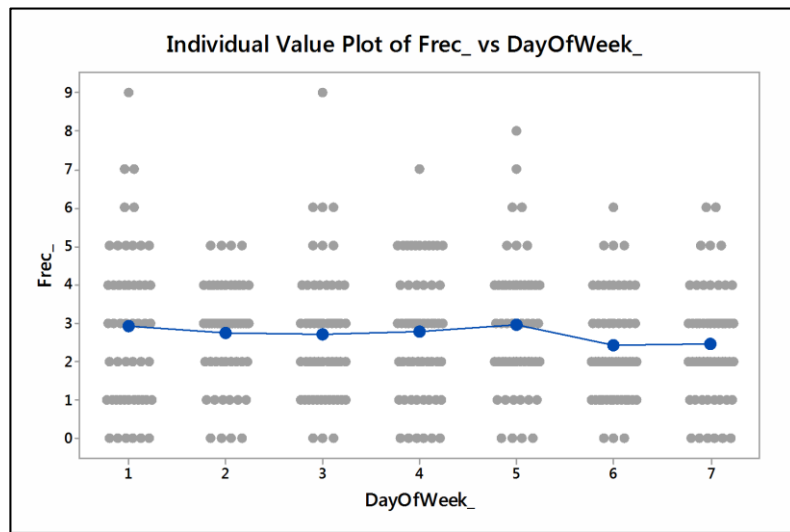


Figura 115. Tasa de llegadas por día de la semana, prioridad 1.

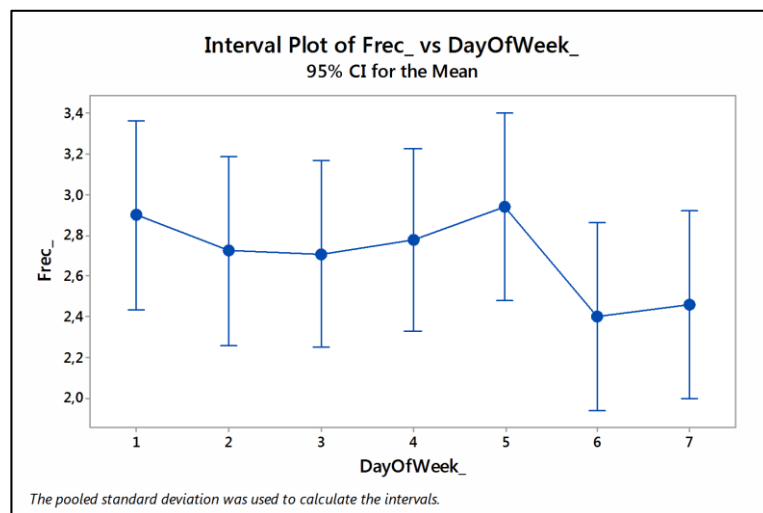


Figura 116. 1. Intervalo de confianza tasa de llegadas por día de la semana, prioridad 1.

Se aprecia una tendencia de descenso durante el fin de semana. A pesar de realizar deportes de mayor riesgo que pueden provocar accidentes que den lugar a pacientes de prioridad 1, los días

laborables hay mayor exposición al riesgo, y por tanto aunque la probabilidad de cada persona a sufrir un accidente es la misma, hay un mayor número de personas expuestas.

Sin embargo, el p-valor de la distribución F del análisis ANOVA de es  $<0,001$  por lo que hay indicios suficientes para rechazar la hipótesis de igualdad de medias de tasa de llegada por día de la semana.

One-way ANOVA: Frec\_ versus DayOfWeek\_

Method

Null hypothesis

All means are equal

Alternative hypothesis

At least one mean is different

Significance level

$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor

Levels

Values

DayOfWeek\_

7

1; 2; 3; 4; 5; 6; 7

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
DayOfWeek_	6	13,05	2,176	0,76	0,600
Error	358	1020,99	2,852		
Total	364	1034,04			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,68877	1,26%	0,00%	0,00%

Means

DayOfWeek_	N	Mean	StDev	95% CI
1	51	2,902	2,110	(2,437; 3,367)
2	51	2,725	1,358	(2,260; 3,191)
3	52	2,712	1,797	(2,251; 3,172)
4	55	2,782	1,718	(2,334; 3,230)
5	52	2,942	1,754	(2,482; 3,403)
6	52	2,404	1,432	(1,943; 2,864)
7	52	2,462	1,540	(2,001; 2,922)

Pooled StDev = 1,68877

Figura 117. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del día de la semana.

### Análisis cuantitativo del carácter del día (festivo, laborable, etc.)

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad1\_Recuentos” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “TypeOfDay\_DayOfWeek” del archivo “Prioridad1\_Recuentos” procedente de consultas realizadas en Access se obtiene el siguiente análisis ANOVA que confirma la primera hipótesis anteriormente planteada.

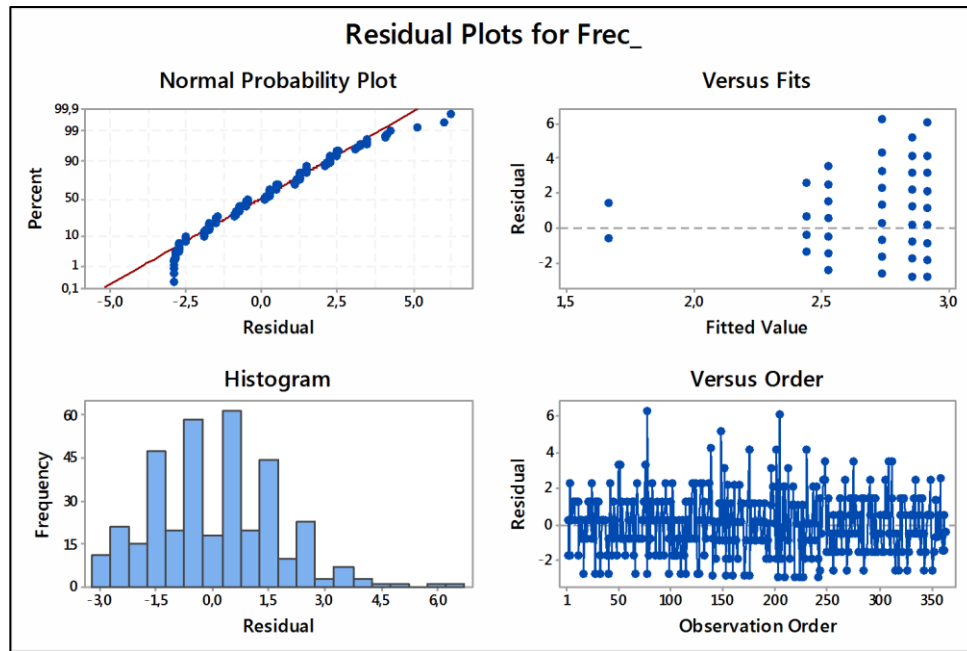


Figura 118. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 1 en función del tipo de día.

Acorde con la distribución de los residuos podemos afirmar que las hipótesis asumidas para la validación del análisis son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo el tipo de días tampoco afecta a la tasa de llegadas de prioridad 1 significativamente. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de medias de llegada a lo largo de los diferentes tipos de día (observamos cómo todos los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_0 = \mu_2 = \dots = \mu_5$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$

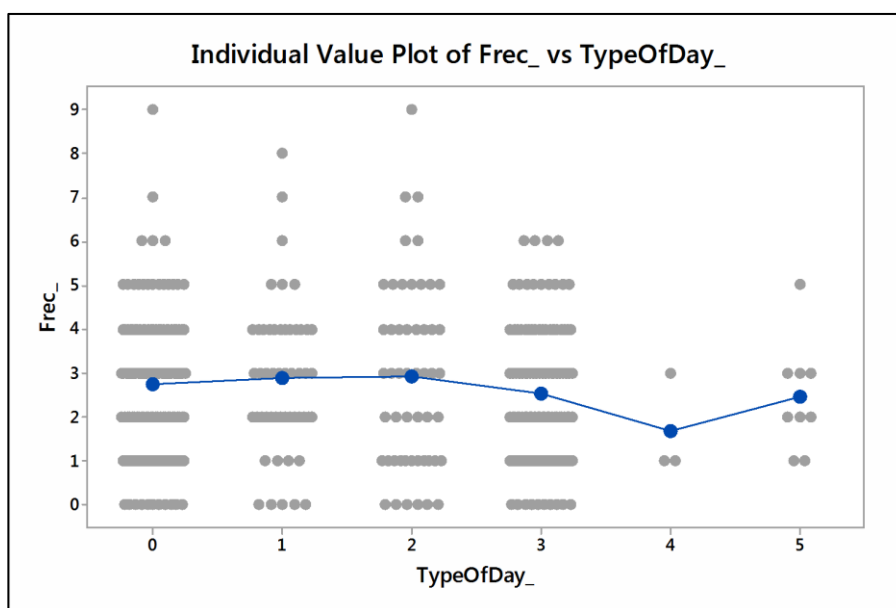


Figura 119. Tasa de llegadas por tipo de día, prioridad 1.

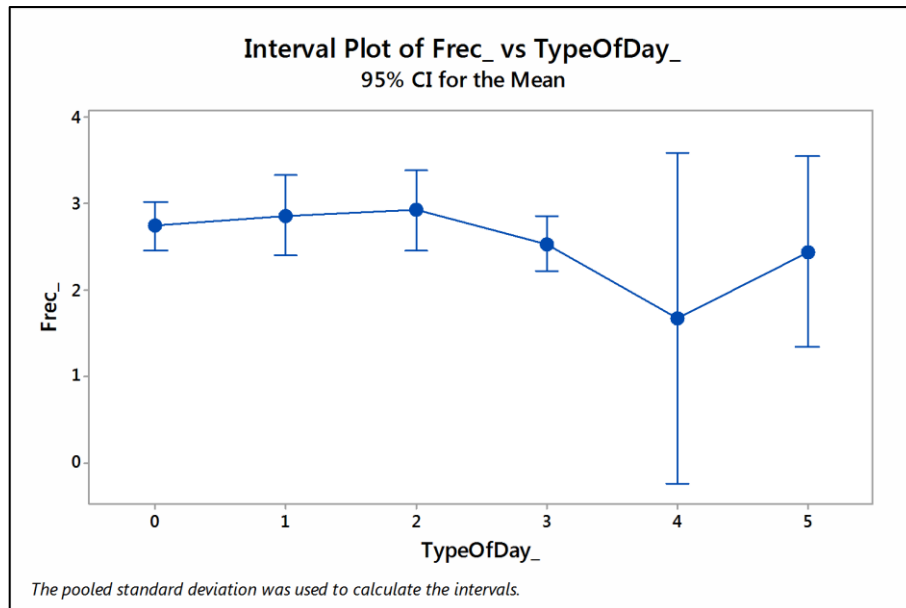


Figura 120. Intervalo de confianza tasa de llegadas por tipo de día, prioridad 1.

Se aprecia una tendencia bastante uniforme que se confirma cuantitativamente, ya que el p-valor de la distribución F del análisis ANOVA de medias es de 0,568 ( $>0,05$ ), por lo que no hay indicios suficientes para rechazar la hipótesis de igualdad de medias de tasa de llegada por día de la semana.

#### Recopilación de factores influyentes y distribuciones asociadas.

Las llegadas de pacientes de prioridad 1 van a constituir un único grupo, ya que van a considerarse constates a lo largo de los días del año (no afecta significativamente el día de la semana, mes, tipo de día, etc.)

Posteriormente al calcular la distribución de las llegadas del grupo, se establecerá si a lo largo de las horas del día las llegadas van a ser significativamente diferentes, con tendencias horarias, o si por el contrario tampoco se ven afectadas.

$$\lambda_i(t) \quad \text{donde} \quad i = 1 \text{ (prioridad 1)}$$

#### Análisis de las distribuciones

Las llegadas de pacientes de prioridad 1, tal y como se ha visto en el análisis de apartados anteriores, no se ve influenciada por la época del año ni los días de la semana. Sin embargo para calcular la distribución de llegadas a lo largo del día, es preciso realizar un contraste de medias a lo largo de las horas del mismo.



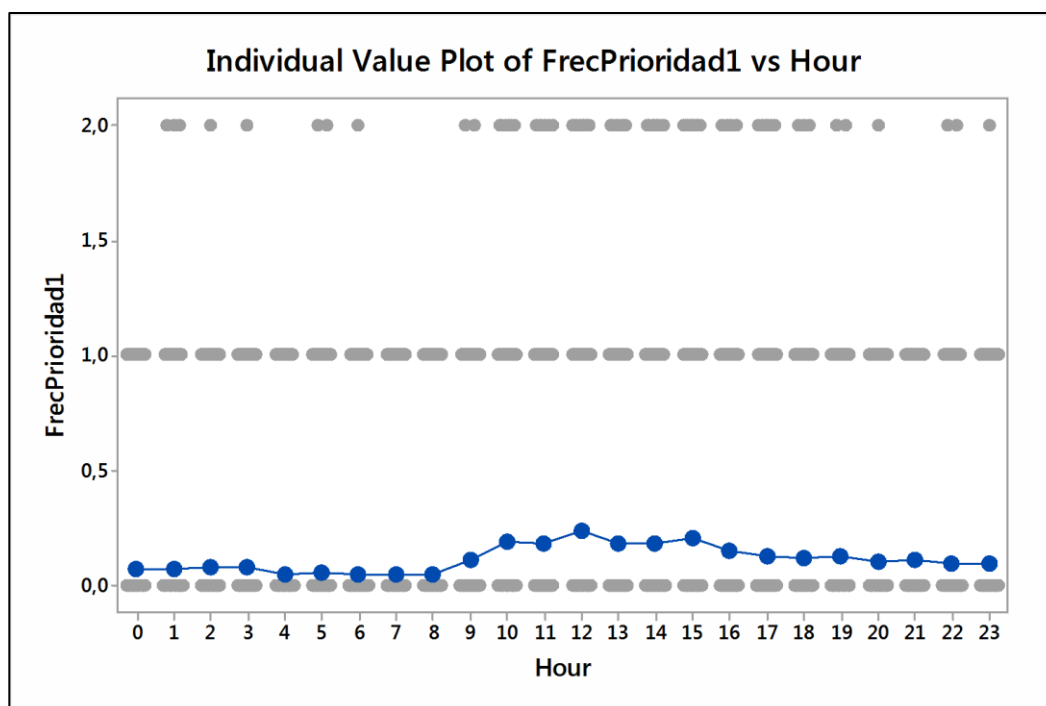


Figura 121. Gráfica de valores individuales de la frecuencia de llegadas de pacientes de prioridad 1 en función de la hora del día.

Se aprecia dos comportamientos en las llegadas diferenciados a lo largo del día. Uno con una menor tasa de llegadas durante la noche, y el otro con un incremento en el número de llegadas durante el día, con un pico a las 12 y otro a las 15:

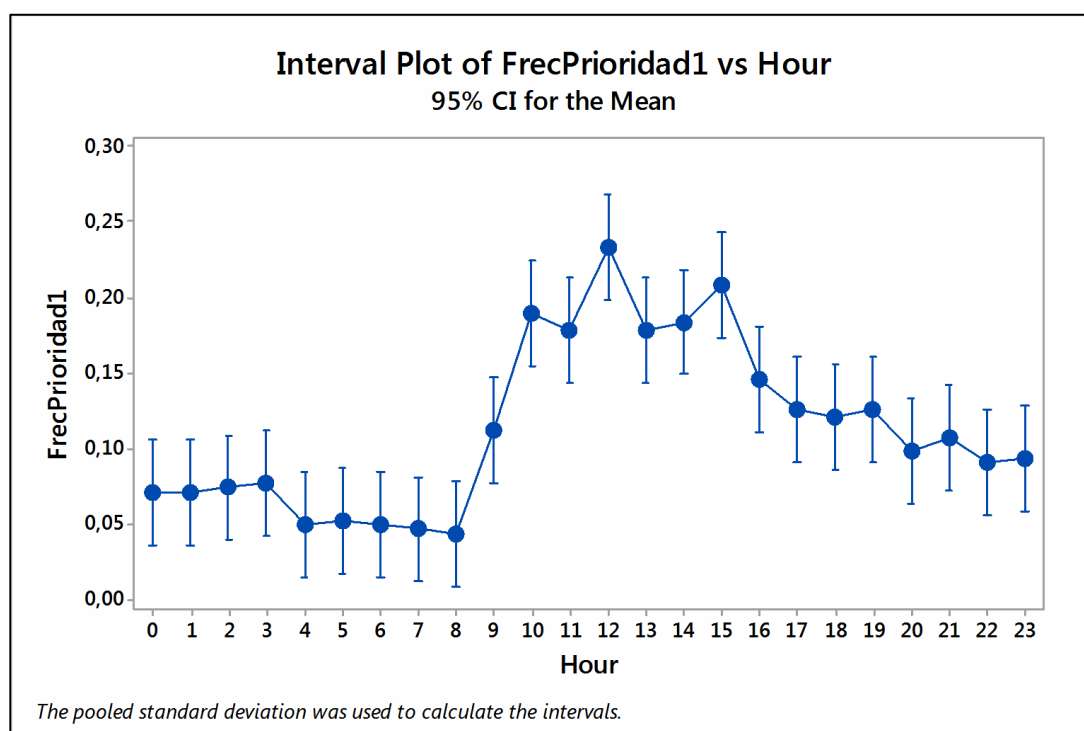


Figura 122. Gráfica de intervalos de confianza de la frecuencia de llegadas de pacientes de prioridad 1 en función de la hora del día.

Numéricamente si realizamos el análisis ANOVA, nos indica que efectivamente las llegadas se ven influenciadas por el momento del día en el que nos encontremos y que por tanto no son constantes a lo largo del mismo.

One-way ANOVA: FrecPrioridad1 versus Hour					
Method					
Null hypothesis	All means are equal				
Alternative hypothesis	At least one mean is different				
Significance level	$\alpha = 0,05$				
Equal variances were assumed for the analysis.					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	26,50	1,1521	10,02	0,000
Error	8736	1004,71	0,1150		
Total	8759	1031,21			
Model Summary					
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
	0,339129	2,57%	2,31%	2,03%	

Figura 123. Salida Minitab contraste de hipótesis de igualdad de medias de la tasa de llegada en función de la hora para pacientes de prioridad 1.

Means				
Hour	N	Mean	StDev	95% CI
0	365	0,0712	0,2576	(0,0364; 0,1060)
1	365	0,0712	0,2878	(0,0364; 0,1060)
2	365	0,0740	0,2724	(0,0392; 0,1088)
3	365	0,0767	0,2766	(0,0419; 0,1115)
4	365	0,0493	0,2168	(0,0145; 0,0841)
5	365	0,0521	0,2459	(0,0173; 0,0869)
6	365	0,0493	0,2291	(0,0145; 0,0841)
7	365	0,0466	0,2110	(0,0118; 0,0814)
8	365	0,0438	0,2050	(0,0090; 0,0786)
9	365	0,1123	0,3331	(0,0775; 0,1471)
10	365	0,1890	0,4321	(0,1542; 0,2238)
11	365	0,1781	0,4240	(0,1433; 0,2129)
12	365	0,2329	0,4781	(0,1981; 0,2677)
13	365	0,1781	0,4304	(0,1433; 0,2129)
14	365	0,1836	0,4407	(0,1488; 0,2184)
15	365	0,2082	0,4693	(0,1734; 0,2430)
16	365	0,1452	0,3827	(0,1104; 0,1800)
17	365	0,1260	0,3787	(0,0912; 0,1608)
18	365	0,1205	0,3504	(0,0858; 0,1553)
19	365	0,1260	0,3485	(0,0912; 0,1608)
20	365	0,0986	0,3076	(0,0638; 0,1334)
21	365	0,1068	0,3093	(0,0721; 0,1416)
22	365	0,0904	0,3057	(0,0556; 0,1252)
23	365	0,0932	0,3003	(0,0584; 0,1279)
Pooled StDev = 0,339129				

Figura 124. Salida Minitab cálculo de tasas de llegada media de pacientes de prioridad 1 a lo largo del día.

Si proporcionamos la media de llegadas exacta para cada hora del día:

Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	365	0,0712	0,2576	(0,0364;0,1060)
1	365	0,0712	0,2878	(0,0364;0,1060)
2	365	0,074	0,2724	(0,0392;0,1088)
3	365	0,0767	0,2766	(0,0419;0,1115)
4	365	0,0493	0,2168	(0,0145;0,0841)
5	365	0,0521	0,2459	(0,0173;0,0869)
6	365	0,0493	0,2291	(0,0145;0,0841)
7	365	0,0466	0,211	(0,0118;0,0814)
8	365	0,0438	0,205	(0,0090;0,0786)
9	365	0,1123	0,3331	(0,0775;0,1471)
10	365	0,189	0,4321	(0,1542;0,2238)
11	365	0,1781	0,424	(0,1433;0,2129)
12	365	0,2329	0,4781	(0,1981;0,2677)
13	365	0,1781	0,4304	(0,1433;0,2129)
14	365	0,1836	0,4407	(0,1488;0,2184)
15	365	0,2082	0,4693	(0,1734;0,2430)
16	365	0,1452	0,3827	(0,1104;0,1800)
17	365	0,126	0,3787	(0,0912;0,1608)
18	365	0,1205	0,3504	(0,0858;0,1553)
19	365	0,126	0,3485	(0,0912;0,1608)
20	365	0,0986	0,3076	(0,0638;0,1334)
21	365	0,1068	0,3093	(0,0721;0,1416)
22	365	0,0904	0,3057	(0,0556;0,1252)
23	365	0,0932	0,3003	(0,0584;0,1279)
Pooled StDev = 0,339129				

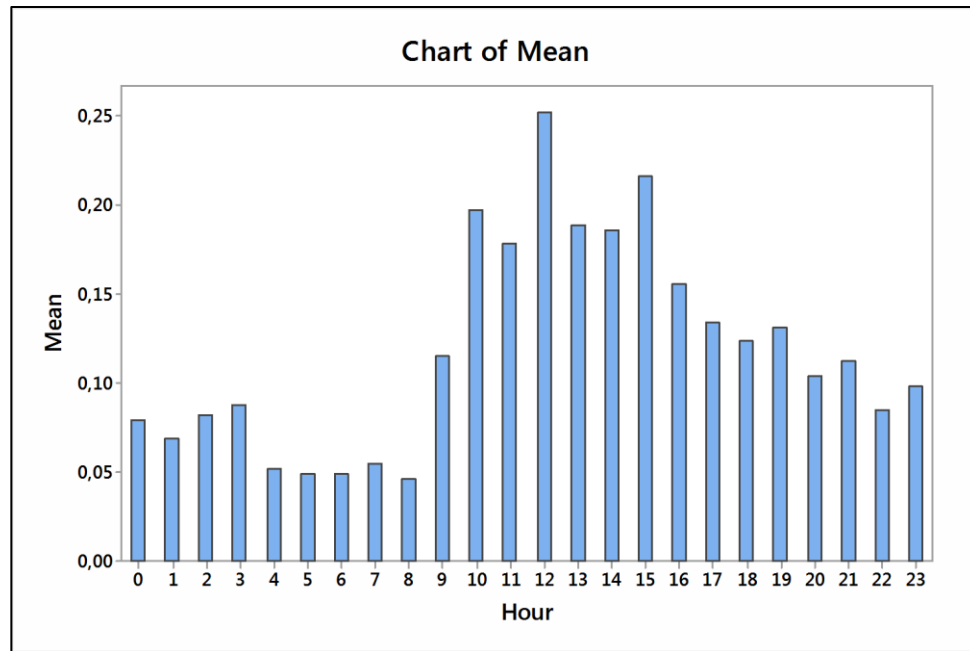


Figura 125. Factor de llegadas de pacientes de PRIORIDAD 1.

**One-way ANOVA: Frec\_ versus TypeOfDay\_**

Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
TypeOfDay_	6	0; 1; 2; 3; 4; 5

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
TypeOfDay_	5	11,05	2,209	0,78	0,568
Error	359	1023,00	2,850		
Total	364	1034,04			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,68807	1,07%	0,00%	0,00%

Means

TypeOfDay_	N	Mean	StDev	95% CI
0	140	2,743	1,620	( 2,462; 3,023)
1	51	2,863	1,721	( 2,398; 3,328)
2	51	2,922	2,125	( 2,457; 3,386)
3	111	2,532	1,566	( 2,216; 2,847)
4	3	1,667	1,155	(-0,250; 3,583)
5	9	2,444	1,236	( 1,338; 3,551)

Pooled StDev = 1,68807

Figura 126. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del día de la semana.

## PRIORIDAD 3

### Influencia del mes y del día del mes

En primer lugar se observa la distribución de llegadas de prioridad 3 en función de los meses. Se ha realizado un recuento del número de llegadas a lo largo del mes y se ha dividido por el número de días de cada uno de ellos para evitar sesgos.

Se puede considerar que no hay patrones estacionales a lo largo del año y que la tasa de llegada media por día de cada mes es uniforme. Los pacientes de esta prioridad no presentan picos de afluencia ni dependen del momento del año. Entre los 129,74 y los 145,45 pacientes/día.

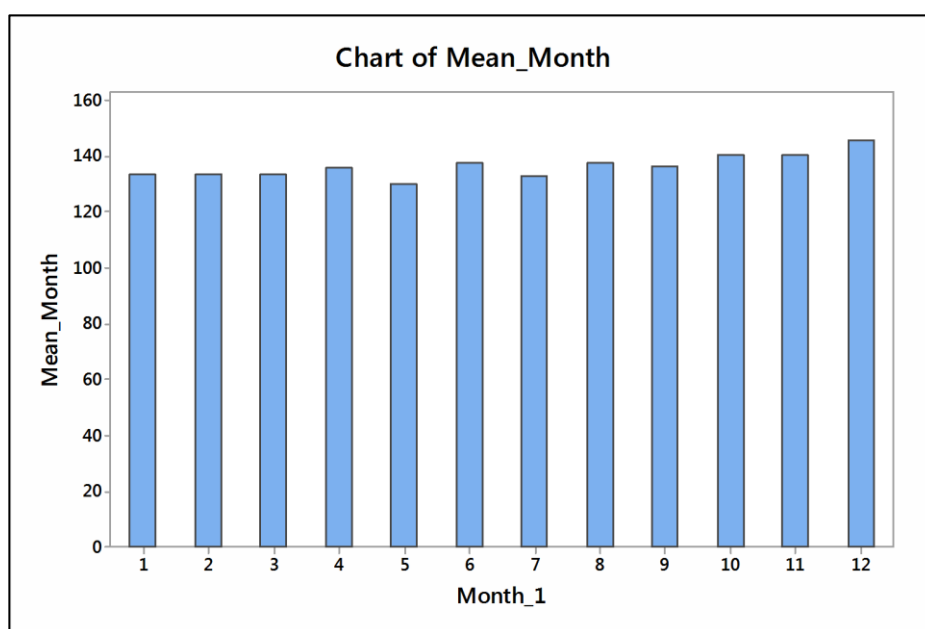


Figura 127. Representación conteo número de llegadas por mes del archivo "Prioridad3\_LlegadasPacientes" de Minitab.

A continuación, se observa la distribución de llegadas en función de los días dentro del mes de prioridad 3. Se realiza el recuento del número de llegadas por días del mes de 1 a 31, y se corrige dividiendo por el número de meses que contienen ese número.

Se puede considerar que no hay tendencias dentro de los meses y que las llegadas de esta gravedad se distribuyen uniformemente a lo largo de los meses de la siguiente forma:

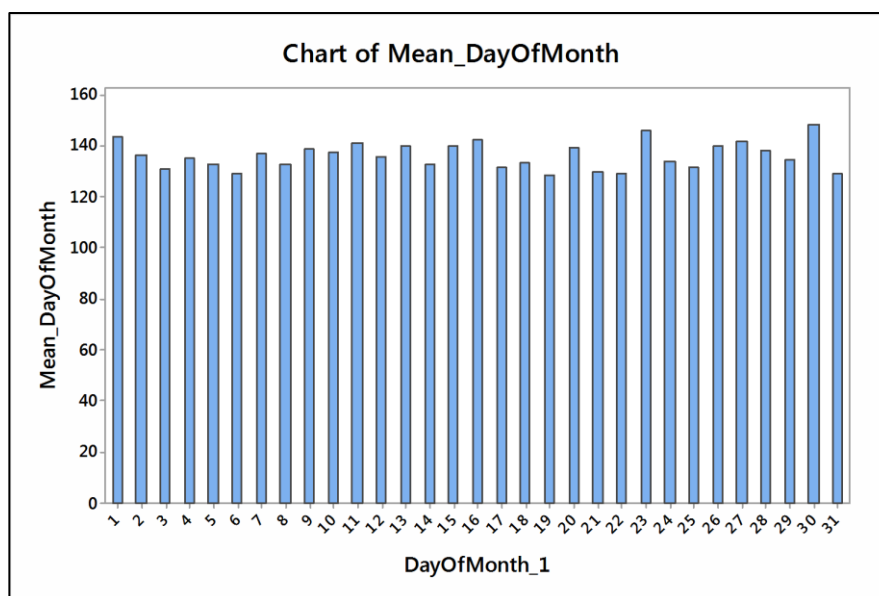


Figura 128. Representación conteo número de llegadas por día del mes del archivo “Prioridad3\_LlegadasPacientes” de Minitab.

### Análisis cuantitativo de la influencia del mes

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad3\_Recuentos” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “Month\_DayOfMonth” del archivo “Prioridad3\_Recuentos” procedente de consultas realizadas en Access se obtiene el siguiente análisis ANOVA que confirma la primera hipótesis anteriormente planteada.

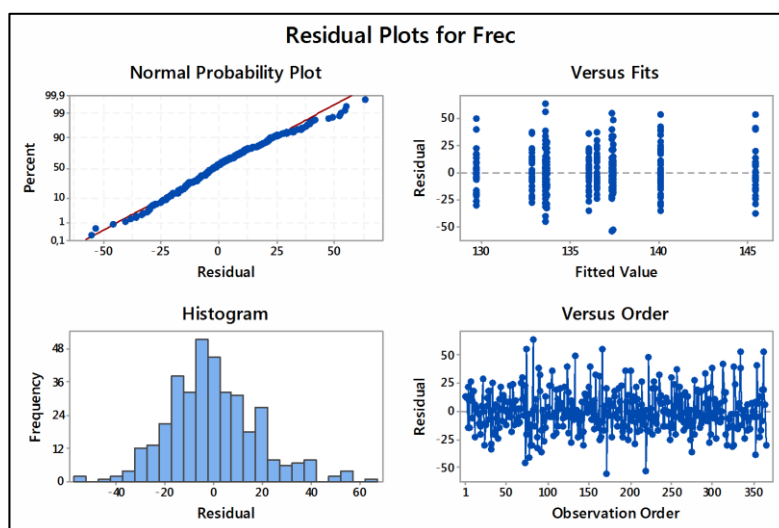


Figura 129. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 3 en función del mes.

En la figura anterior se observa una primera aproximación al modelo ANOVA. Se muestran las diferentes gráficas de los residuos en los que observamos cómo el error parece que sigue una

distribución normal. Sus observaciones son simétricas respecto al cero (media) con una varianza igual en todos ellos (variabilidad similar sin tendencias ascendentes o descendentes).

En el caso del histograma también se observa claramente que tiene forma acampanada similar a la de una distribución normal. Por ellos, basándonos en el resto de gráficas, así como en esta último, podemos afirmar que las hipótesis asumidas para este análisis son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo el mes no afecta a la tasa de llegadas. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de las mismas (observamos cómo los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{12}$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$

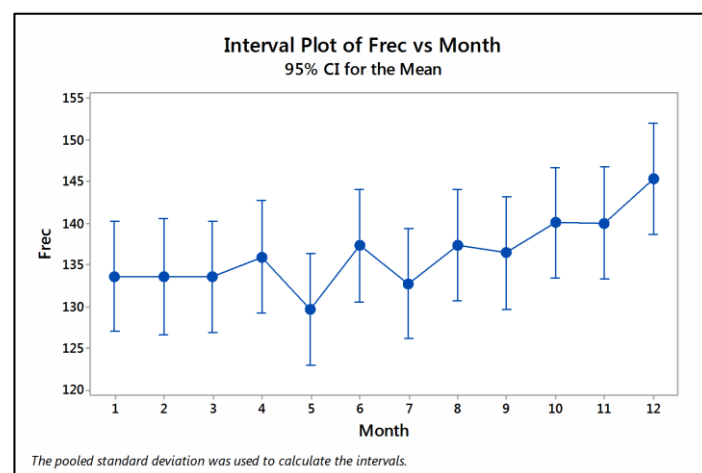


Figura 130. Intervalo de confianza tasa de llegadas por mes, prioridad 3.

Se aprecia un ligero descenso en los meses de mayo, julio y noviembre, y en la gráfica de intervalos puede parecer que la tendencia es ascendente. Sin embargo el p-valor de la distribución F del análisis ANOVA de medias es de 0,419, por lo que no hay indicios suficientes para rechazar la hipótesis nula que establece igual tasa de llegadas por día para todos los meses.

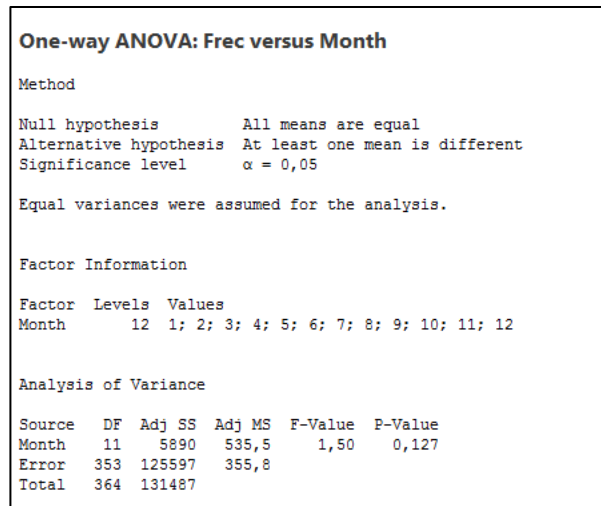


Figura 131. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del mes.

### Análisis cuantitativo de la influencia del día del mes

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad3\_Recuentos” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “Month\_DayOfMonth” del archivo “Prioridad3\_Recuentos” procedente de consultas realizadas en Access se obtiene el siguiente análisis ANOVA que confirma la primera hipótesis anteriormente planteada.

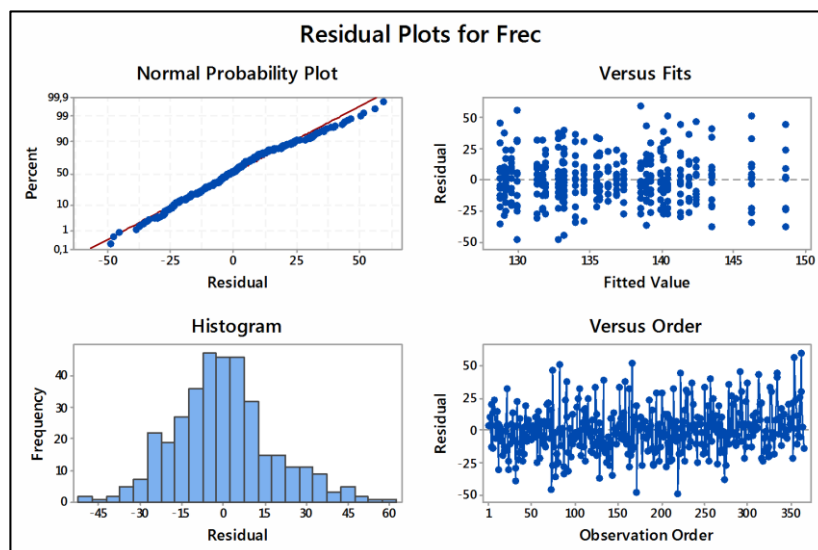


Figura 132. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 3 en función del día del mes.

En la figura anterior se observa una primera aproximación al modelo ANOVA. Se muestran las diferentes gráficas de los residuos en los que observamos cómo el error parece que sigue una distribución normal. Sus observaciones son simétricas respecto al cero (media) con una varianza igual en todos ellos (variabilidad similar sin tendencias ascendentes o descendentes).



En el caso del histograma también se observa claramente que tiene forma acampanada similar a la de una distribución normal. Por ello, basándonos en el resto de gráficas, así como en esta último, podemos afirmar que las hipótesis asumidas para este análisis son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo el día en el que nos encontremos dentro del mes, no afecta a la tasa de llegadas. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de las mismas (observamos cómo los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{31}$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$

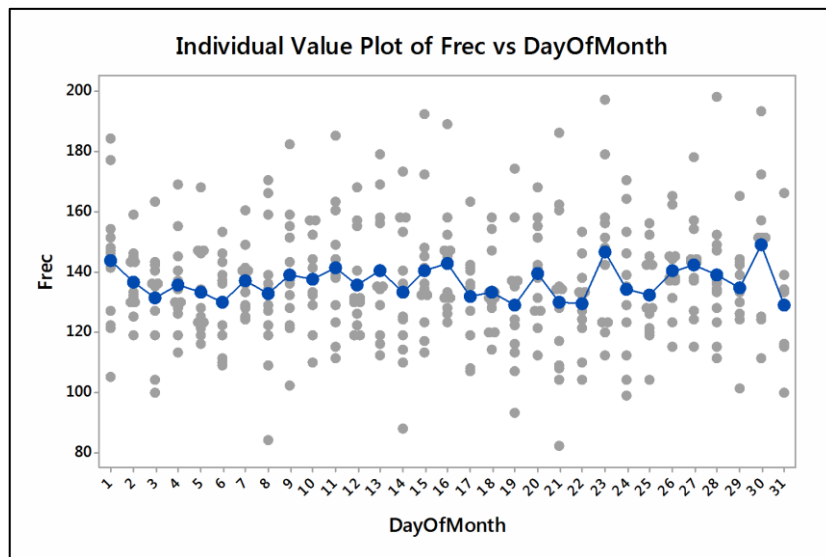


Figura 133. Tasa de llegadas por día dentro del mes, prioridad 3.

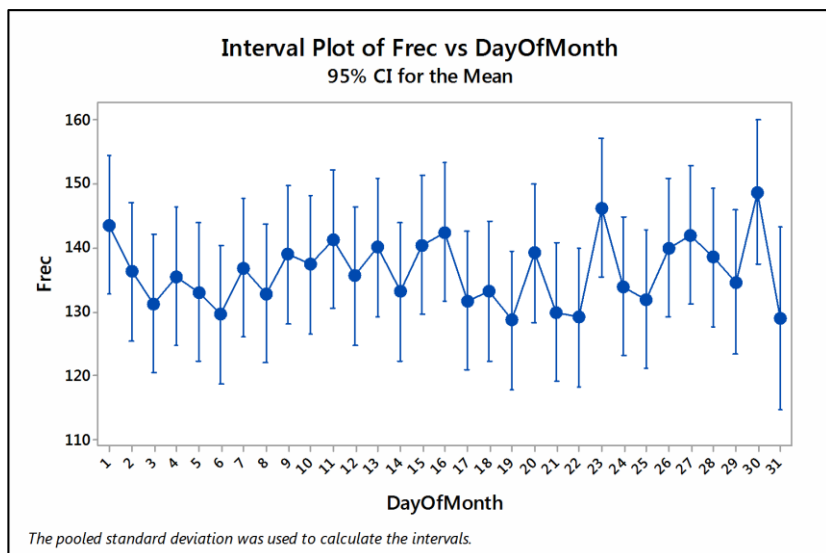


Figura 134. Intervalo de confianza tasa de llegadas por día dentro del mes, prioridad 3.

Se aprecia ligeros picos y depresiones a lo largo de los días del mes, pero no son lo suficientemente significativas para establecer un patrón determinado a lo largo del mes. El p-valor de la distribución F del análisis ANOVA de medias es de 0,597, por lo que no hay indicios suficientes para rechazar la hipótesis nula que establece igual tasa de llegadas por día dentro de los meses.

# One-way ANOVA: Frec versus DayOfMonth

Method

Null hypothesis      All means are equal  
Alternative hypothesis    At least one mean is different  
Significance level       $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
DayOfMonth	31	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
DayOfMonth	30	9593	319,8	0,88	0,657
Error	334	121894	365,0		
Total	364	131487			

Figura 135. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del día del mes.

### Influencia del día de la semana y de su carácter laboral o festivo

En este apartado se observa la distribución de llegadas de prioridad 3 en función de los días de la semana. Se ha realizado un recuento del número de llegadas a lo largo de los diferentes días de la semana y se ha dividido entre el número de los mismos contenidos en el año para evitar sesgos.

Se puede considerar que hay diferencias a lo largo de la semana, y en un primer vistazo, puede apreciarse un pico en la tasa de llegadas los lunes, que va descendiendo en los sucesivos días, al mismo tiempo que vuelve a incrementarse el viernes. El sábado se aprecia un claro descenso en la afluencia de pacientes de este tipo. El mínimo valor medio es de 123,59, el sábado, mientras que el máximo valor medio de tasa de llegada por día se produce el lunes con un valor de 154,54

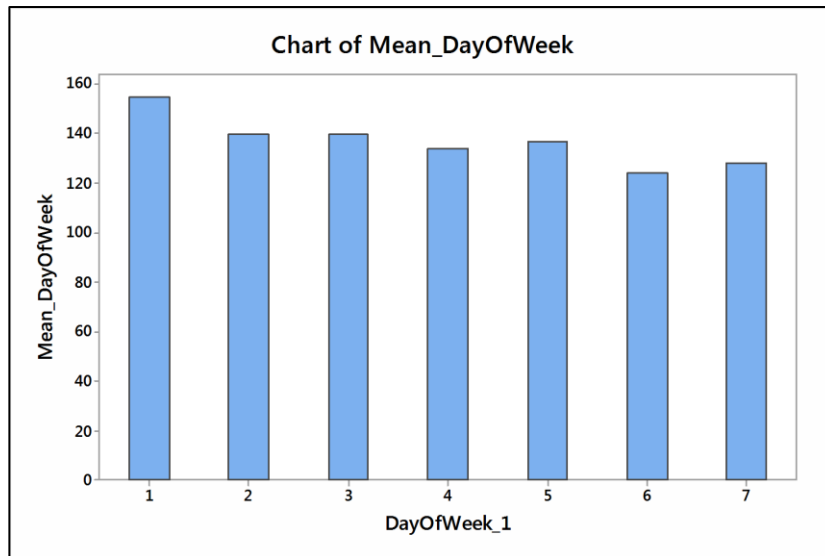


Figura 136. Representación conteo número de llegadas por día de la semana del archivo "Prioridad3\_LlegadasPacientes" de Minitab.

A continuación, se observa la distribución de llegadas en función del tipo de día de prioridad 3. Se realiza el recuento del número de llegadas por días únicamente laborables (0), pre-festivos (1), post-festivos (2), Festivos(3), entre-festivos (4) y sanfermines (5), y se corrige dividiendo por el número de días de cada tipo: 136, 51, 51, 113, 5 y 9 respectivamente, sumando un total de 365 días que tuvo el año 2015.

Se puede considerar un pico claro en los post-festivos (155,88 llegadas por día) mientras que los festivos desciende hasta un total de 125,63 llegadas.

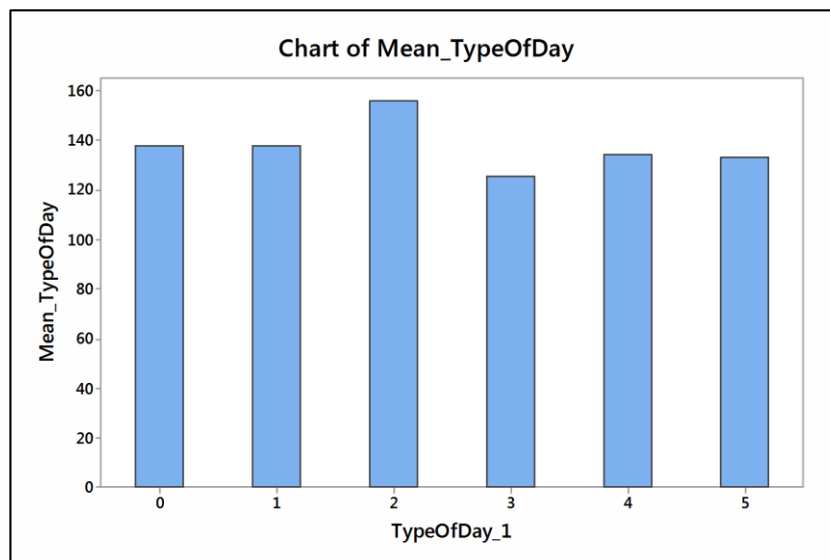


Figura 137. Representación conteo por tipo de día del archivo "Prioridad3\_LlegadasPacientes" de Minitab.

## Análisis cuantitativo de la influencia del día de la semana

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad3\_Recuentos” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “TypeOfDay\_DayOfWeek” del archivo “Prioridad3\_Recuentos” procedente de consultas realizadas en Access se obtiene el siguiente análisis ANOVA que confirma la primera hipótesis anteriormente planteada.

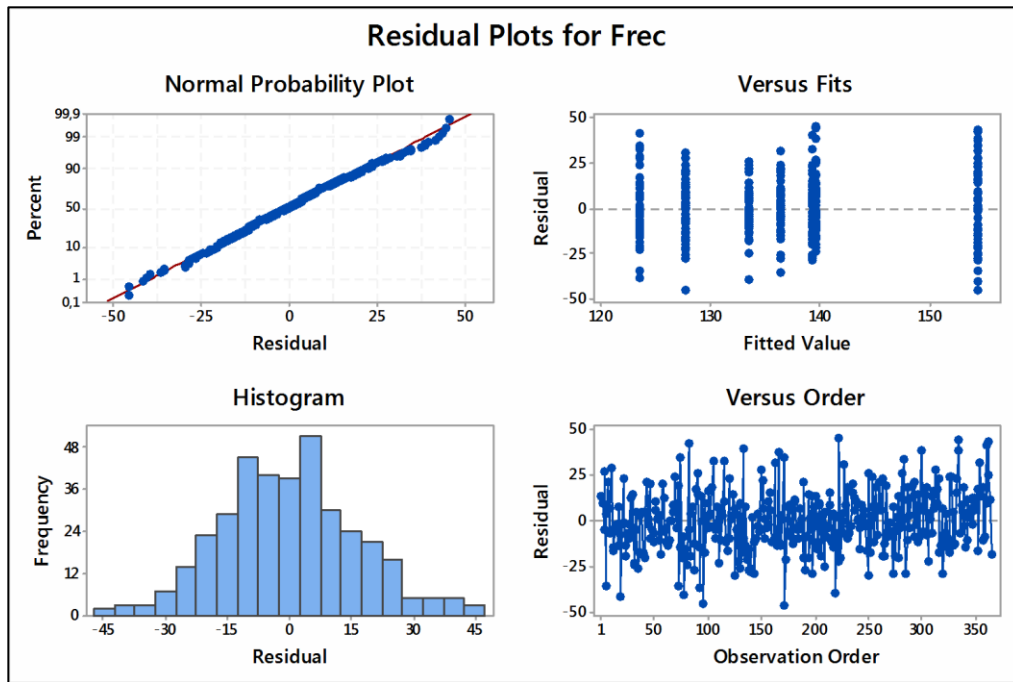


Figura 138. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 3 en función del día de la semana.

En la figura anterior se observa una primera aproximación al modelo ANOVA. Se muestran las diferentes gráficas de los residuos en los que observamos cómo el error parece que sigue una distribución normal. Sus observaciones son simétricas respecto al cero (media) con una varianza igual en todos ellos (variabilidad similar sin tendencias ascendentes o descendentes).

En el caso del histograma también se observa claramente que tiene forma acampanada similar a la de una distribución normal. Por ellos, basándonos en el resto de gráficas, así como en esta último, podemos afirmar que las hipótesis asumidas para este análisis son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo día de la semana sí afecta a la tasa de llegadas. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de medias de llegada a lo largo de los diferentes días de la semana (observamos cómo no todos los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_7$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$

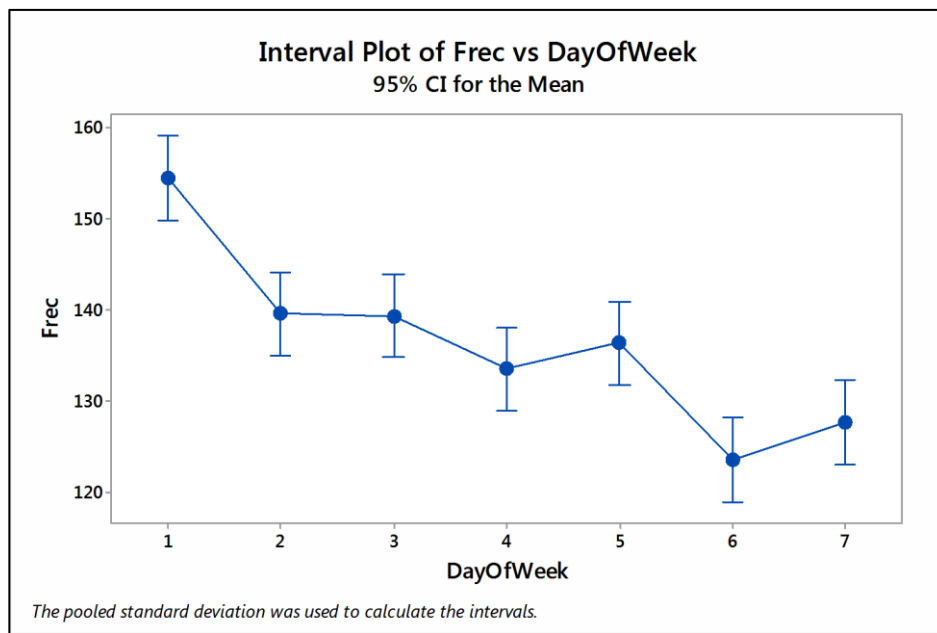
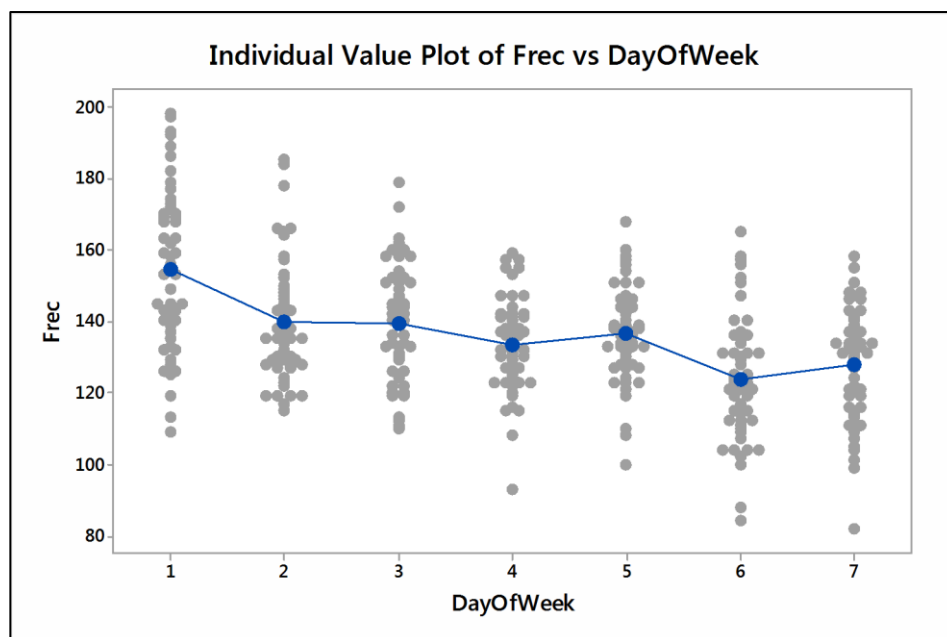


Figura 139. 1. Intervalo de confianza tasa de llegadas por día de la semana, prioridad 3.



Se aprecia una clara tendencia descendente a lo largo de los días de la semana con un ligero cambio en la tendencia los viernes (días de revisión). Así mismo se aprecia un claro descenso en el número de llegadas los sábados y un ligero ascenso los domingos. El p-valor de la distribución F del análisis ANOVA de medias es  $<0,001$ , por lo que hay indicios suficientes para rechazar la hipótesis de igualdad de medias de tasa de llegada por día de la semana.

One-way ANOVA: Frec versus DayOfWeek					
Method					
Null hypothesis	All means are equal				
Alternative hypothesis	At least one mean is different				
Significance level	$\alpha = 0,05$				
Equal variances were assumed for the analysis.					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
DayOfWeek	7	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
DayOfWeek	6	30985	5164,1	18,40	0,000
Error	358	100503	280,7		
Total	364	131487			
Model Summary					
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
	16,7551	23,56%	22,28%	20,54%	
Means					
DayOfWeek	N	Mean	StDev	95% CI	
1	52	154,54	22,42	(149,97; 159,11)	
2	52	139,62	17,06	(135,05; 144,18)	
3	52	139,37	16,23	(134,80; 143,93)	
4	53	133,55	13,09	(129,02; 138,07)	
5	52	136,46	13,28	(131,89; 141,03)	
6	52	123,60	17,52	(119,03; 128,17)	
7	52	127,71	15,98	(123,14; 132,28)	
Pooled StDev = 16,7551					

Figura 140. Salida Minitab ANOVA, frecuencia de llegada en función del día de la semana.

A continuación se realizar los estudios post-hoc de Tukey y Fisher obteniendo los siguientes resultados:

### Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

DayOfWeek	N	Mean	Grouping
1	52	154,54	A
2	52	139,62	B
3	52	139,37	B
5	52	136,46	B C
4	53	133,55	B C
7	52	127,71	C D
6	52	123,60	D

Means that do not share a letter are significantly different.

### Tukey Simultaneous 95% CIs

|

### Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

DayOfWeek	N	Mean	Grouping
1	52	154,54	A
2	52	139,62	B
3	52	139,37	B
5	52	136,46	B
4	53	133,55	B C
7	52	127,71	C D
6	52	123,60	D

Means that do not share a letter are significantly different.

### Fisher Individual 95% CIs

### Análisis cuantitativo del carácter del día (festivo, laborable, etc.)

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad3\_Recuentos” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “TypeOfDay\_DayOfWeek” del archivo “Prioridad3\_Recuentos” procedente de consultas realizadas en Access se obtiene el siguiente análisis ANOVA que confirma la primera hipótesis anteriormente planteada.

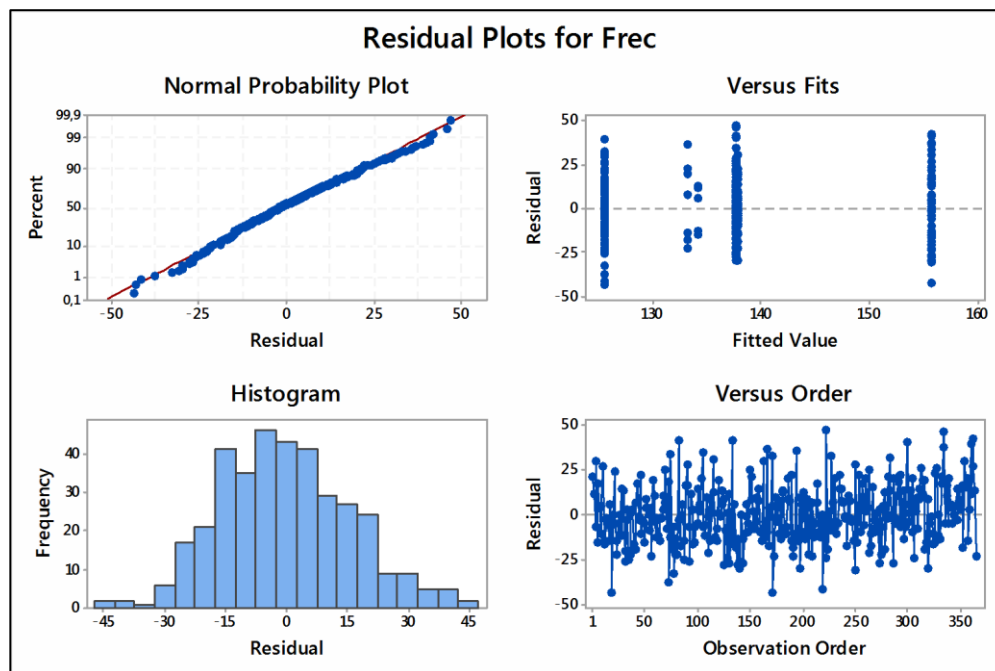


Figura 141.Figura 17. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 3 en función del tipo de día.

En la figura anterior se observa una primera aproximación al modelo ANOVA. Se muestran las diferentes gráficas de los residuos en los que observamos cómo el error parece que sigue una distribución normal. Sus observaciones son simétricas respecto al cero (media) con una varianza igual en todos ellos (variabilidad similar sin tendencias ascendentes o descendentes).

En el caso del histograma también se observa claramente que tiene forma acampanada similar a la de una distribución normal. Por ellos, basándonos en el resto de gráficas, así como en esta último, podemos afirmar que las hipótesis asumidas para este análisis son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo el tipo de días sí afecta a la tasa de llegadas. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de medias de llegada a lo largo de los diferentes tipos de día (observamos cómo no todos los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_0 = \mu_2 = \dots = \mu_5$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$

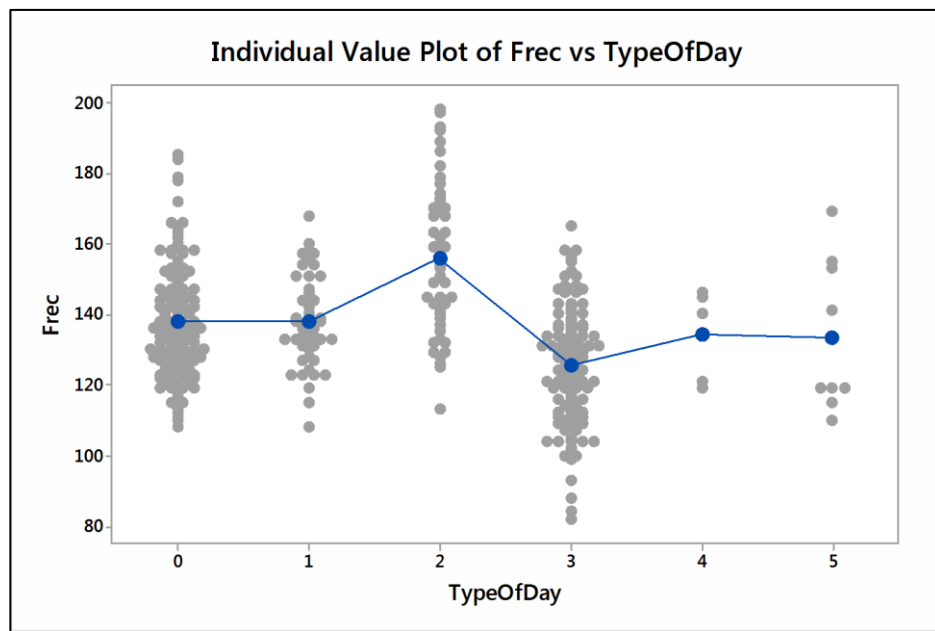


Figura 142. Tasa de llegadas por tipo de día, prioridad 3.

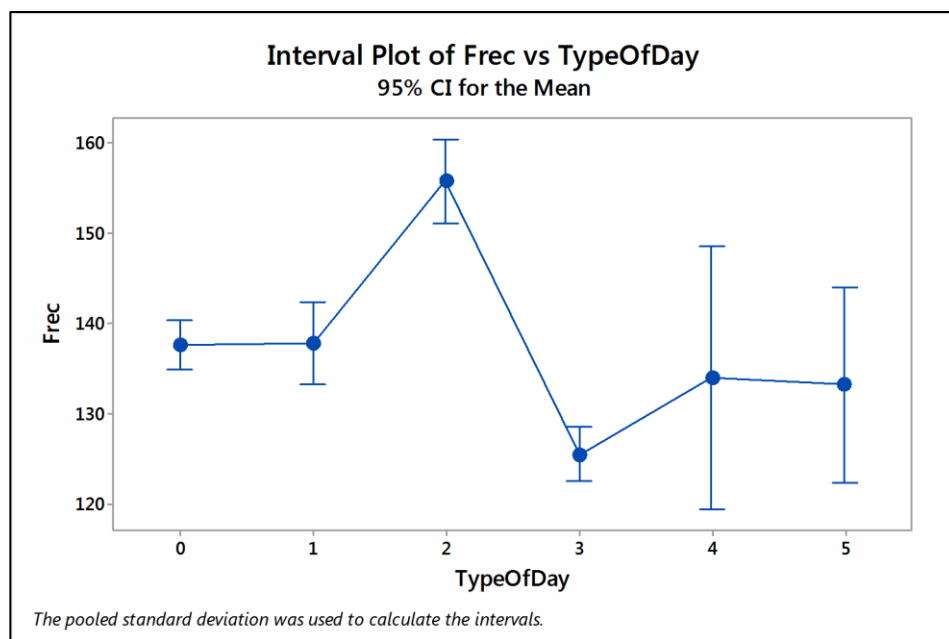


Figura 143. Intervalo de confianza tasa de llegadas por tipo de día, prioridad 3.

Se aprecia un pico claro los días pos-festivo, así como un valle los festivos, que la gente procura no ir a urgencias. El p-valor de la distribución F del análisis ANOVA de medias es  $<0,001$ , por lo que hay indicios suficientes para rechazar la hipótesis de igualdad de medias de tasa de llegada por día de la semana.



### One-way ANOVA: Frec versus TypeOfDay

#### Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

Factor	Levels	Values
TypeOfDay	6	0; 1; 2; 3; 4; 5

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
TypeOfDay	5	32919	6583,8	23,98	0,000
Error	359	98569	274,6		
Total	364	131487			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
16,5700	25,04%	23,99%	22,28%

#### Means

TypeOfDay	N	Mean	StDev	95% CI
0	136	137,76	15,53	(134,96; 140,55)
1	51	137,88	12,42	(133,32; 142,45)
2	51	155,88	20,92	(151,32; 160,45)
3	113	125,64	16,92	(122,57; 128,70)
4	5	134,20	13,18	(119,63; 148,77)
5	9	133,33	21,46	(122,47; 144,20)

Pooled StDev = 16,5700

A continuación se realizar los estudios post-hoc de Tukey y Fisher obteniendo los siguientes resultados:

### Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

TypeOfDay	N	Mean	Grouping
2	51	155,88	A
1	51	137,88	B
0	136	137,76	B
4	5	134,20	A B C
5	9	133,33	B C
3	113	125,64	C

Means that do not share a letter are significantly different.

### Tukey Simultaneous 95% CIs

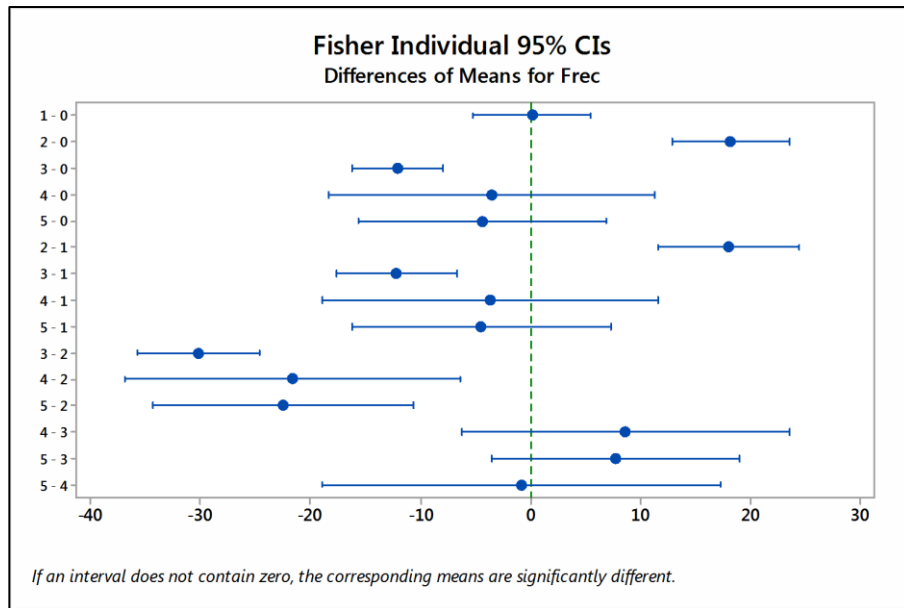
### Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

TypeOfDay	N	Mean	Grouping
2	51	155,88	A
1	51	137,88	B
0	136	137,76	B
4	5	134,20	B C
5	9	133,33	B C
3	113	125,64	C

Means that do not share a letter are significantly different.

### Fisher Individual 95% CIs



### Influencia de la hora del día

En cuanto a la hora, se aprecia la misma tendencia de llegadas a lo largo de los diferentes días, con un notable ascenso entre las 10 y las 17h del día.

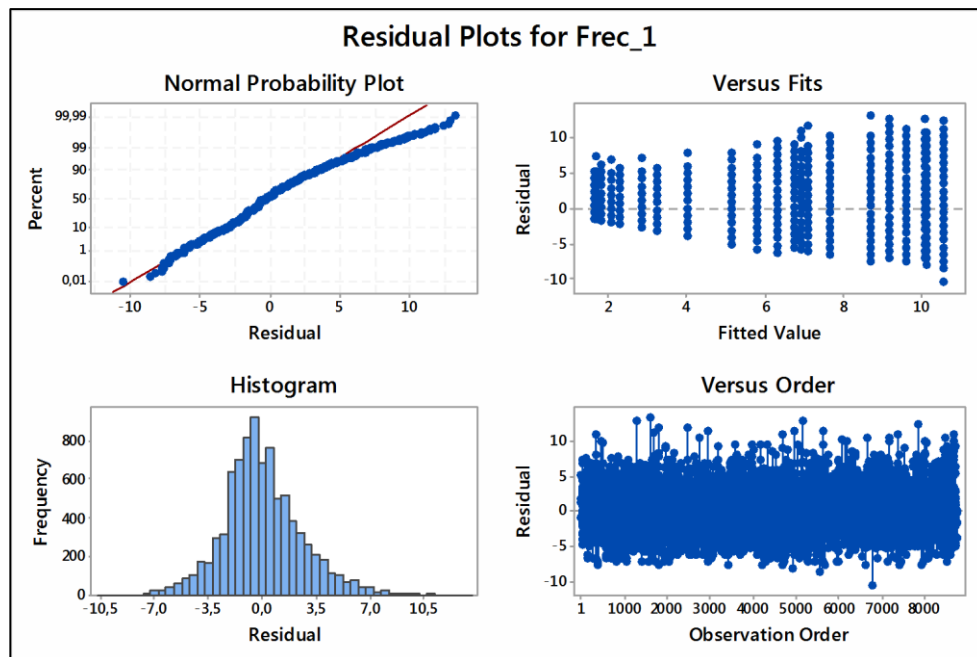


Figura 144. Gráfica de residuos de las tasas de llegadas de prioridad 3 en función de la hora del día.

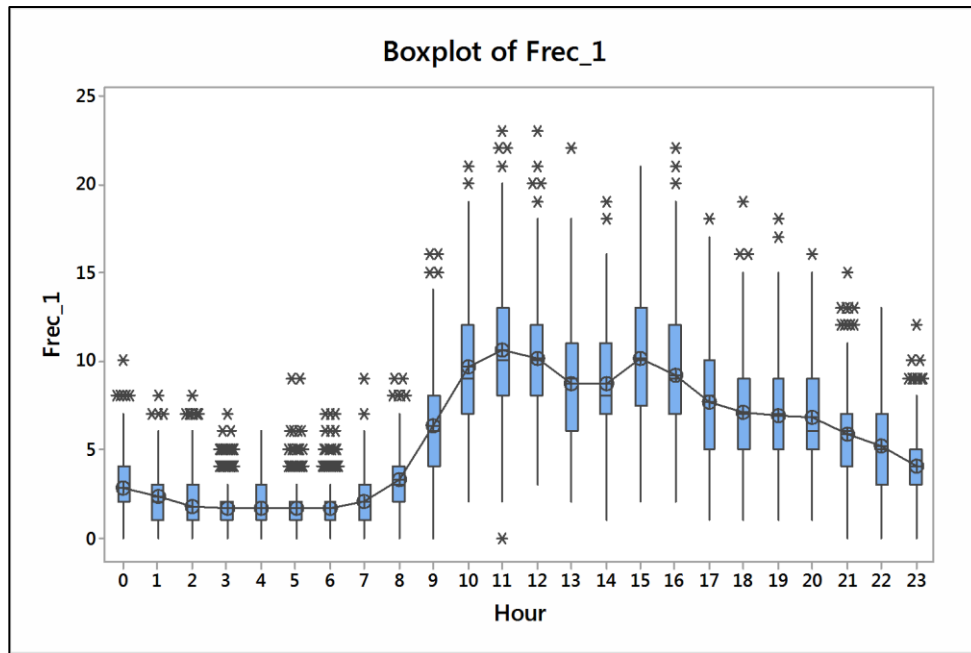
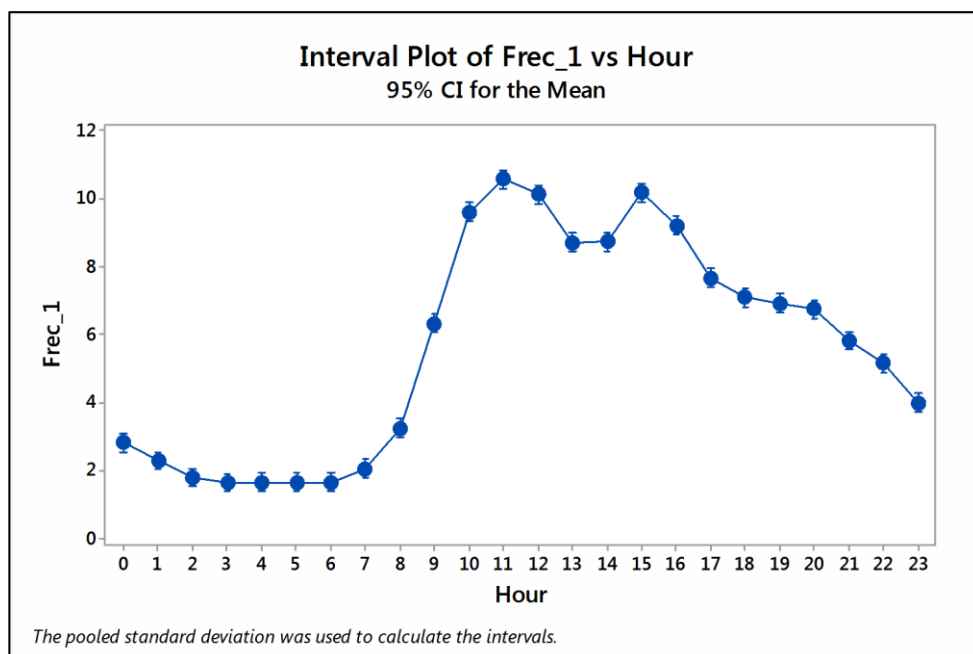


Figura 145. Evolución tasa de llegadas a lo largo del día de prioridad 3.



## CONCLUSIÓN

Siguiendo la propuesta de Tukey, realizamos las siguientes agrupaciones:

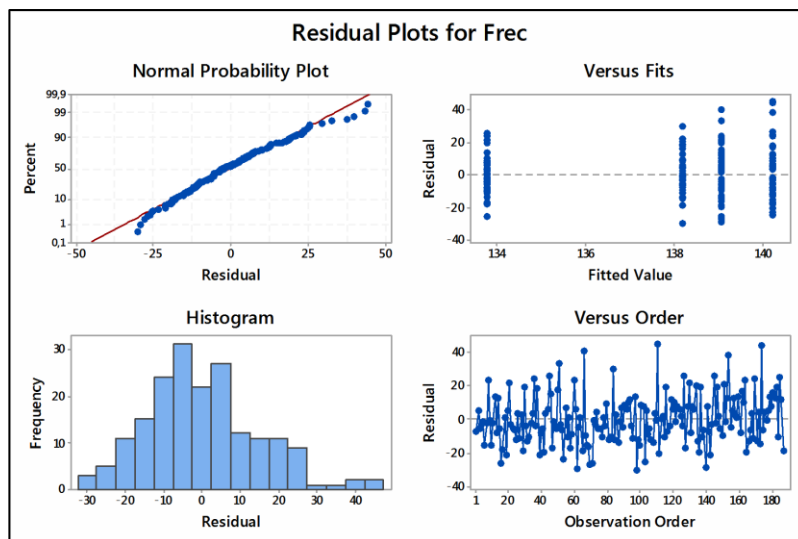
- POS-FESTIVOS: en este grupo se incluirán los que anteriormente denominábamos grupos 2 y 4 (post-festivos y entre-festivos, que también pueden ser considerados como post-festivos)

- LABORABLES (no post-festivos): se incluyen los días de los grupos 0 y 1 (laborables no post-festivos y laborables pre-festivos)
- FESTIVOS: Grupo formado por los festivos y sanfermines.

A continuación dentro de estos grupos se observarán las diferencias existentes entre los diferentes días de la semana, si se ven afectados. Para ellos realizamos los siguientes ANOVAS:

### **Laborables**

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad3\_Recuentos\_LABORABLES” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “HoursIncluded” del archivo “Prioridad3\_Recuentos” que coinciden con el criterio establecido.



En la figura anterior se observa una primera aproximación al modelo ANOVA. Se muestran las diferentes gráficas de los residuos en los que observamos cómo el error parece que sigue una distribución normal. Sus observaciones son simétricas respecto al cero (media) con una varianza igual en todos ellos (variabilidad similar sin tendencias ascendentes o descendentes).

En el caso del histograma también se observa claramente que tiene forma acampanada similar a la de una distribución normal. Por ellos, basándonos en el resto de gráficas, así como en esta último, podemos afirmar que las hipótesis asumidas para este análisis son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo día de la semana sí afecta a la tasa de llegadas. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de medias de llegada a lo largo de los diferentes días de la semana (observamos cómo no todos los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_7$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$

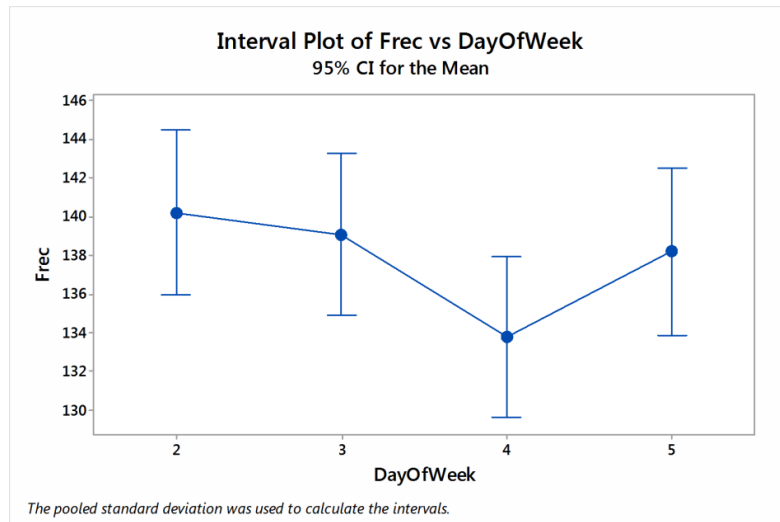


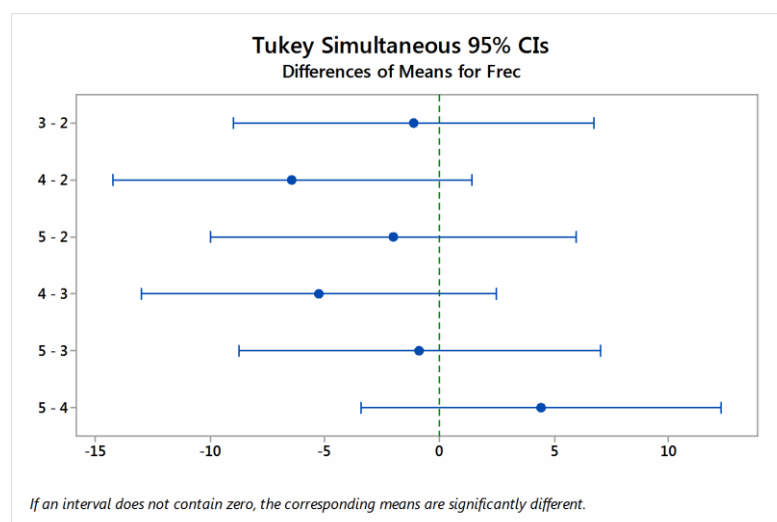
Figura 146. Intervalo de confianza tasa de llegadas por tipo de día, prioridad 3.

Se aprecia una clara tendencia descendente a lo largo de los días de la semana con un ligero cambio en la tendencia los viernes (días de revisión).

One-way ANOVA: Frec versus DayOfWeek						
Method						
Null hypothesis	All means are equal					
Alternative hypothesis	At least one mean is different					
Significance level	$\alpha = 0,05$					
Equal variances were assumed for the analysis.						
Factor Information						
Factor	Levels	Values				
DayOfWeek	4	2; 3; 4; 5				
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
DayOfWeek	3	1126	375,4	1,76	0,157	
Error	183	39139	213,9			
Total	186	40265				
Model Summary						
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
	14,6244	2,80%	1,20%	0,00%		
Means						
DayOfWeek	N	Mean	StDev	95% CI		
2	46	140,22	17,69	(135,96; 144,47)		
3	48	139,08	16,28	(134,92; 143,25)		
4	48	133,79	11,62	(129,63; 137,96)		
5	45	138,20	11,94	(133,90; 142,50)		
Pooled StDev = 14,6244						

A continuación se realizar los estudios post-hoc de Tukey y Fisher obteniendo los siguientes resultados:

Tukey Pairwise Comparisons			
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence			
DayOfWeek	N	Mean	Grouping
2	46	140,22	A
3	48	139,08	A
5	45	138,20	A
4	48	133,79	A
Means that do not share a letter are significantly different.			
Tukey Simultaneous 95% CIs			
Fisher Pairwise Comparisons			
Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence			
DayOfWeek	N	Mean	Grouping
2	46	140,22	A
3	48	139,08	A B
5	45	138,20	A B
4	48	133,79	B
Means that do not share a letter are significantly different.			
Fisher Individual 95% CIs			



El grupo de los laborables no pos-festivos, denominados a partir de ahora como “Laborables”, cuenta con los días martes, miércoles, jueves y viernes, entre los cuales no hay una diferencia muy notable, a excepción de los jueves.

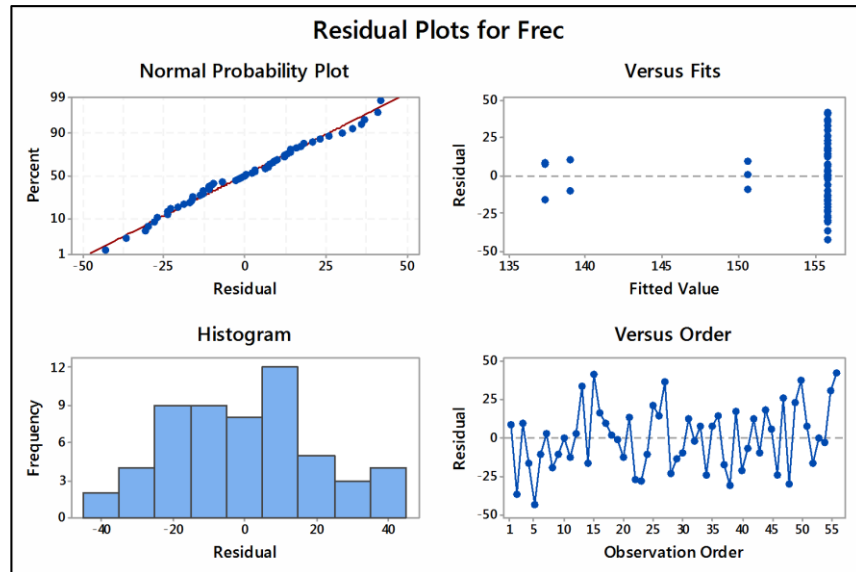
Por ello, dentro de este grupo se diferenciará entre:

- *Laborables martes, miércoles y viernes*
- *Laborables jueves.*

## Pos-festivos

El grupo de los laborables pos-festivos cuenta con lunes, martes, miércoles y viernes, entre los cuales no hay una diferencias significativas.

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad3\_Recuentos\_LABORABLES” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “HoursIncluded” del archivo “Prioridad3\_Recuentos” que coinciden con el criterio establecido.



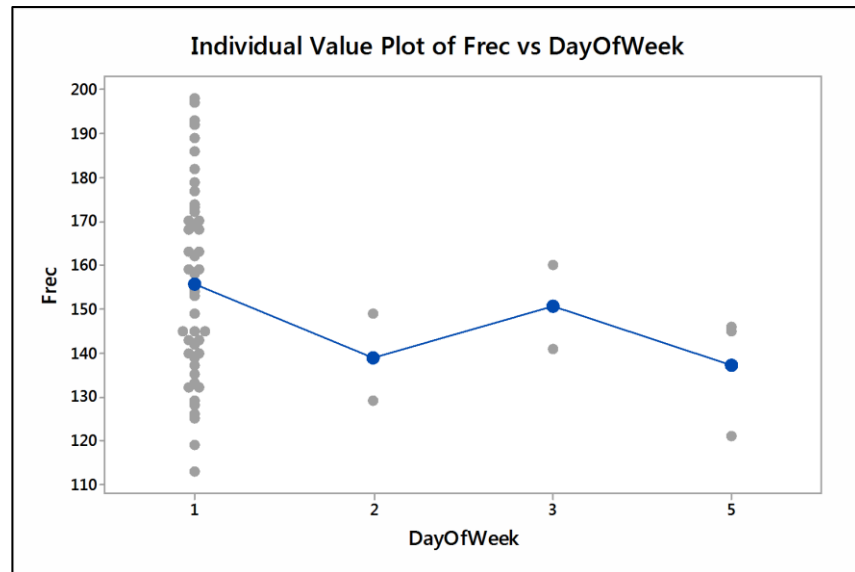
En la figura anterior se observa una primera aproximación al modelo ANOVA. Se muestran las diferentes gráficas de los residuos en los que observamos cómo el error parece que sigue una distribución normal. Sus observaciones son simétricas respecto al cero (media) con una varianza igual en todos ellos (variabilidad similar sin tendencias ascendentes o descendentes).

En el caso del histograma también se observa claramente que tiene forma acampanada similar a la de una distribución normal. Por ellos, basándonos en el resto de gráficas, así como en esta último, podemos afirmar que las hipótesis asumidas para este análisis son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo día de la semana sí afecta a la tasa de llegadas. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de medias de llegada a lo largo de los diferentes días de la semana (observamos cómo no todos los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_7$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$



El p-valor es de 0,358 ( $>0,05$ ), por lo que no tenemos indicios suficientes para rechazar la hipótesis de igualdad de medias.

One-way ANOVA: Frec versus DayOfWeek					
Method					
Null hypothesis	All means are equal				
Alternative hypothesis	At least one mean is different				
Significance level	$\alpha = 0,05$				
Equal variances were assumed for the analysis.					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
DayOfWeek	4	1; 2; 3; 5			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
DayOfWeek	3	1474	491,4	1,10	0,358
Error	52	23235	446,8		
Total	55	24709			
Model Summary					
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
	21,1381	5,97%	0,54%	0,00%	
Means					
DayOfWeek	N	Mean	StDev	95% CI	
1	48	155,81	21,86	(149,69; 161,93)	
2	2	139,0	14,1	( 109,0; 169,0)	
3	3	150,67	9,50	(126,18; 175,16)	
5	3	137,33	14,15	(112,84; 161,82)	
Pooled StDev = 21,1381					

A continuación se realizar los estudios post-hoc de Tukey y Fisher obteniendo los siguientes resultados:



### Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

DayOfWeek	N	Mean	Grouping
1	48	155,81	A
3	3	150,67	A
2	2	139,0	A
5	3	137,33	A

Means that do not share a letter are significantly different.

### Tukey Simultaneous 95% CIs

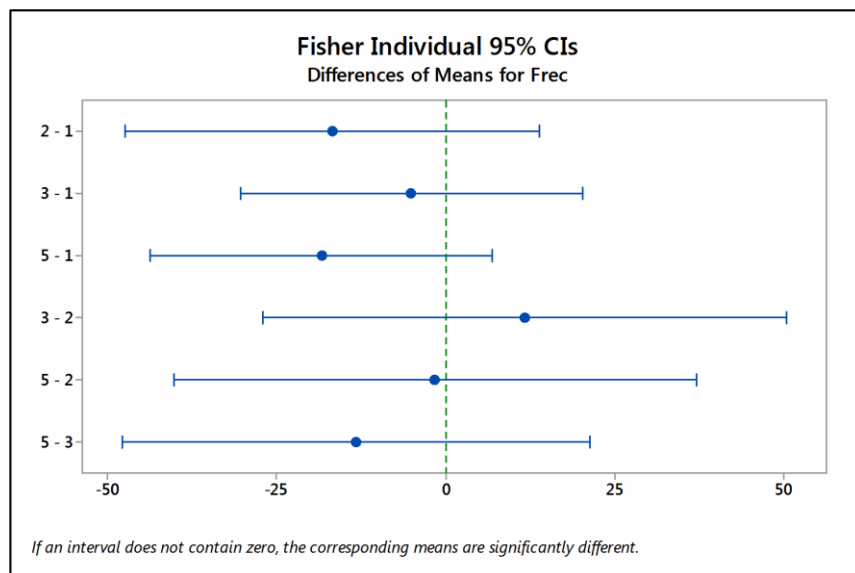
### Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

DayOfWeek	N	Mean	Grouping
1	48	155,81	A
3	3	150,67	A
2	2	139,0	A
5	3	137,33	A

Means that do not share a letter are significantly different.

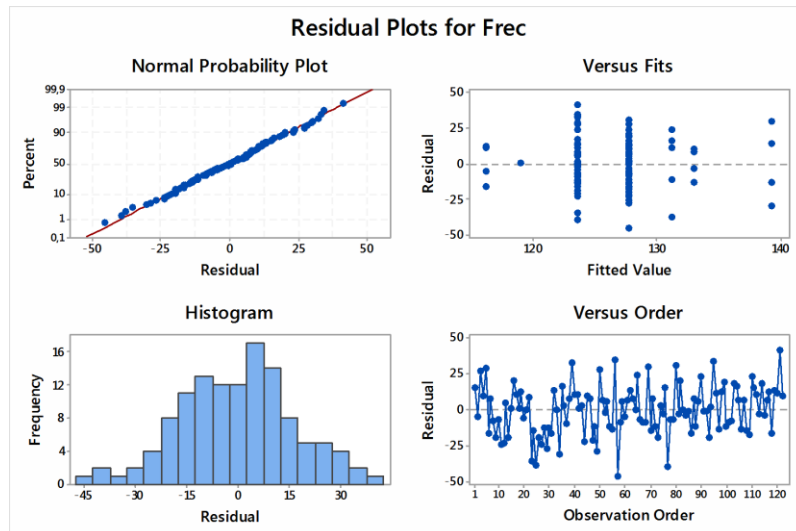
### Fisher Individual 95% CIs



## Festivos y SF

El grupo de los laborables post-festivos cuenta con lunes, martes, miércoles y viernes, entre los cuales no hay diferencias significativas.

Mediante el archivo de Minitab “Prioridad3\_Recuentos\_LABORABLES” en el que se han cargado los datos proporcionados por la hoja de Excel “HoursIncluded” del archivo “Prioridad3\_Recuentos” que coinciden con el criterio establecido.



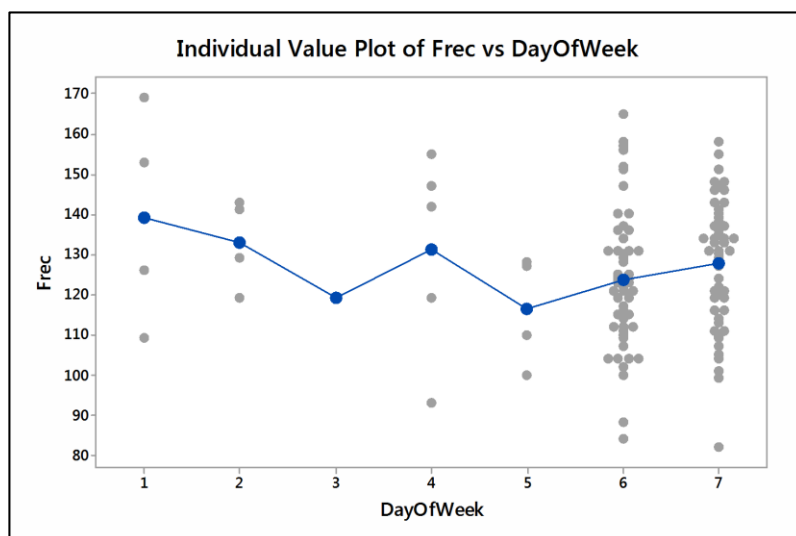
En la figura anterior se observa una primera aproximación al modelo ANOVA. Se muestran las diferentes gráficas de los residuos en los que observamos cómo el error parece que sigue una distribución normal. Sus observaciones son simétricas respecto al cero (media) con una varianza igual en todos ellos (variabilidad similar sin tendencias ascendentes o descendentes).

En el caso del histograma también se observa claramente que tiene forma acampanada similar a la de una distribución normal. Por ellos, basándonos en el resto de gráficas, así como en esta último, podemos afirmar que las hipótesis asumidas para este análisis son ciertas.

A continuación se realiza el análisis ANOVA en el que gráficamente se puede observar cómo día de la semana sí afecta a la tasa de llegadas. Para ello se plantea la hipótesis de igualdad de medias de llegada a lo largo de los diferentes días de la semana (observamos cómo no todos los intervalos de confianza se solapan).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_7$$

$$H_1: \exists i, j \text{ tq } \mu_i \neq \mu_j$$



El p-valor es de 0,387 ( $>0,05$ ), por lo que no tenemos indicios suficientes para rechazar la hipótesis de igualdad de medias.

# One-way ANOVA: Frec versus DayOfWeek

Method

Null hypothesis All means are equal

Alternative hypothesis At least one mean is different

Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
DayOfWeek	7	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
DayOfWeek	6	1910	318,4	1,07	0,387
Error	115	34319	298,4		
Total	121	36230			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
17,2751	5,27%	0,33%	*

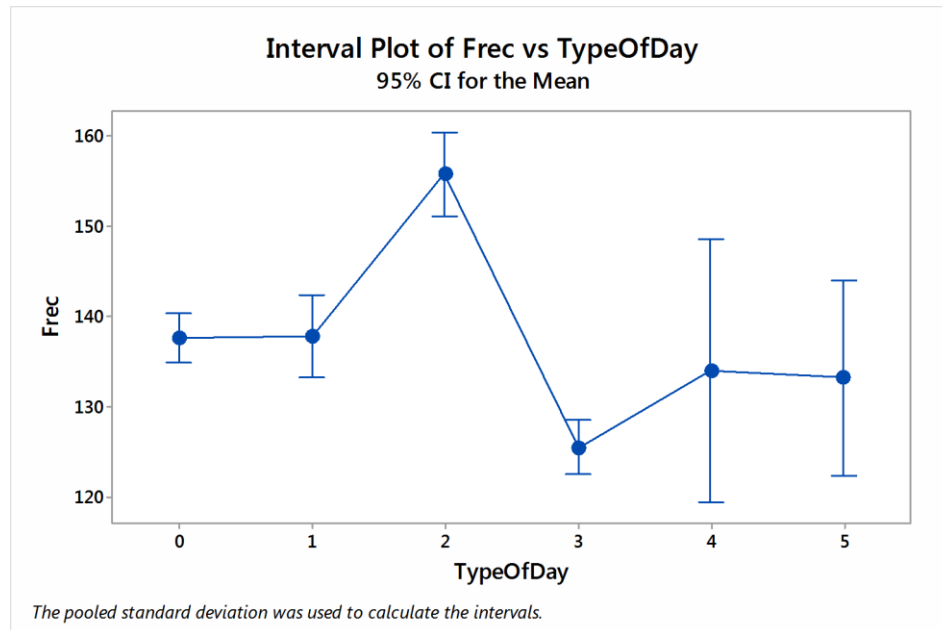
El grupo compuesto por los días festivo no cuenta con diferencias notables a lo largo de los días de la semana.

### Recopilación de factores influyentes y distribuciones asociadas.

En primer lugar se aprecia que no hay estacionalidad significativa a lo largo del año, con un mantenimiento constante a lo largo de los meses y dentro de los días de los mismos. Sin embargo, se ve una influencia clara de los tipos de días y días dentro de la semana.

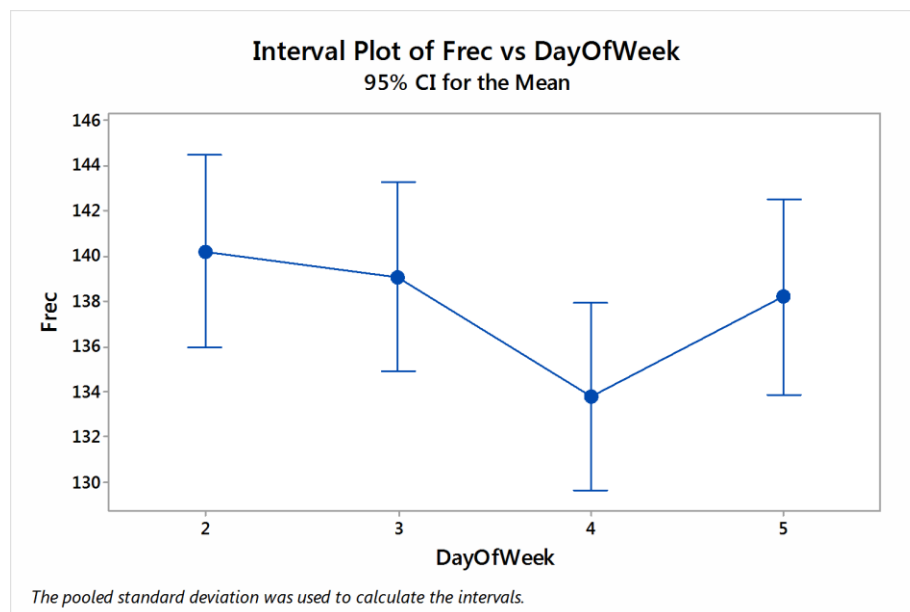
En primer lugar se realiza una división que agrupa los siguientes días:

- POS-FESTIVOS: en este grupo se incluirán los que anteriormente denominábamos grupos 2 y 4 (post-festivos y entre-festivos, que también pueden ser considerados como pos-festivos)
- LABORABLES (no pos-festivos): se incluyen los días de los grupos 0 y 1 (laborables no post-festivos y laborables pre-festivos)
- FESTIVOS: Grupo formado por los festivos y Sanfermines.



**Figura 147. Intervalos de confianza de la tasa de llegadas de prioridad 3 a lo largo de los tipos de días.**

Dentro de los mismos grupos, las diferencias entre los diferentes festivos (sábados, domingos, y resto de festivos) no son significativas, así como las diferentes entre diferentes pos-festivos a lo largo del año. Sin embargo dentro del grupo de las llegadas de los días laborables sí que se aprecia una clara tendencia descendente a lo largo de los días de la semana con un ligero cambio en la tendencia los viernes (días de revisión y renovación de bajas).



**Figura 148. Intervalos de confianza para la tasa de llegadas por hora de la prioridad 3 dentro de los días laborables.**

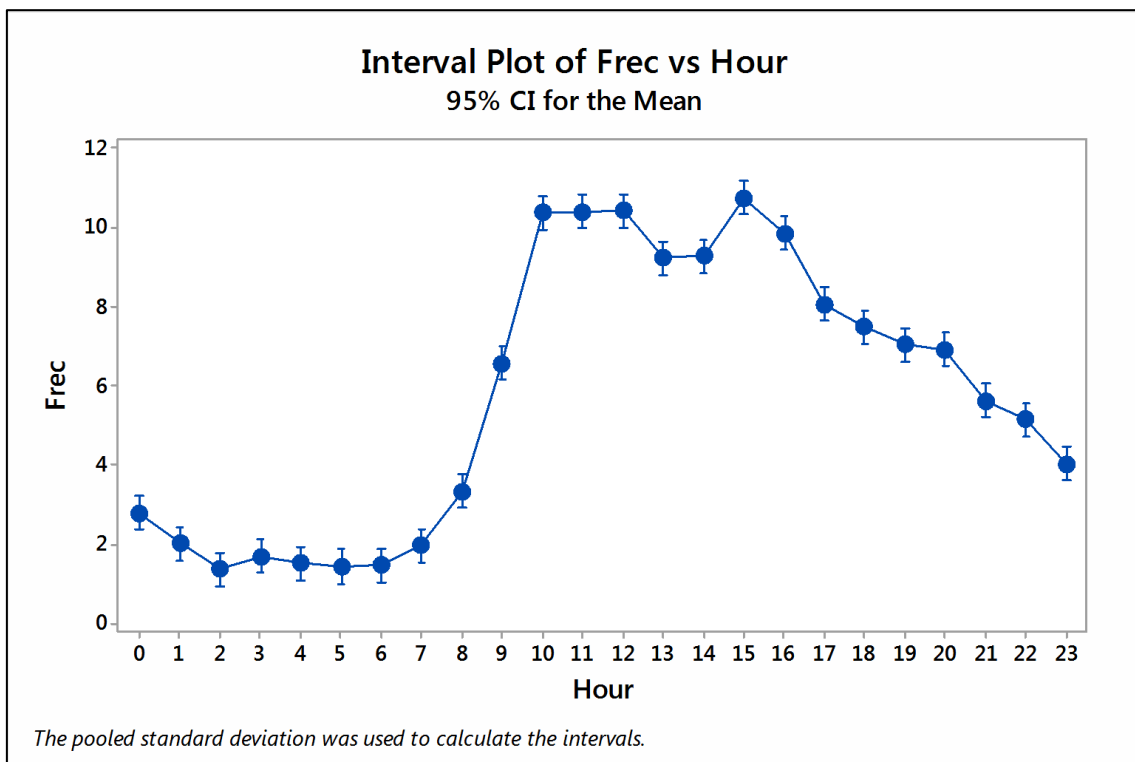
Con ello concluimos que las tasas de llegadas en función del tiempo para la prioridad 3, serán diferente para los diferentes días del año:

$$\lambda_{i,j,k}(t) \quad \text{donde} \quad \begin{cases} i = 3 \text{ (prioridad 3)} \\ j = \begin{cases} 1 & \text{laborables} \\ 2 & \text{pos - festivos} \\ 1 & \text{festivos} \end{cases} \\ k = \begin{cases} 1 & \text{Martes, miércoles y viernes si } j = 1 \\ 2 & \text{Jueves si } j = 1 \end{cases} \end{cases}$$

## Análisis de las distribuciones

- *LABORABLES (no post-festivos)*

M\_X\_V



### One-way ANOVA: Frec versus Hour

#### Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

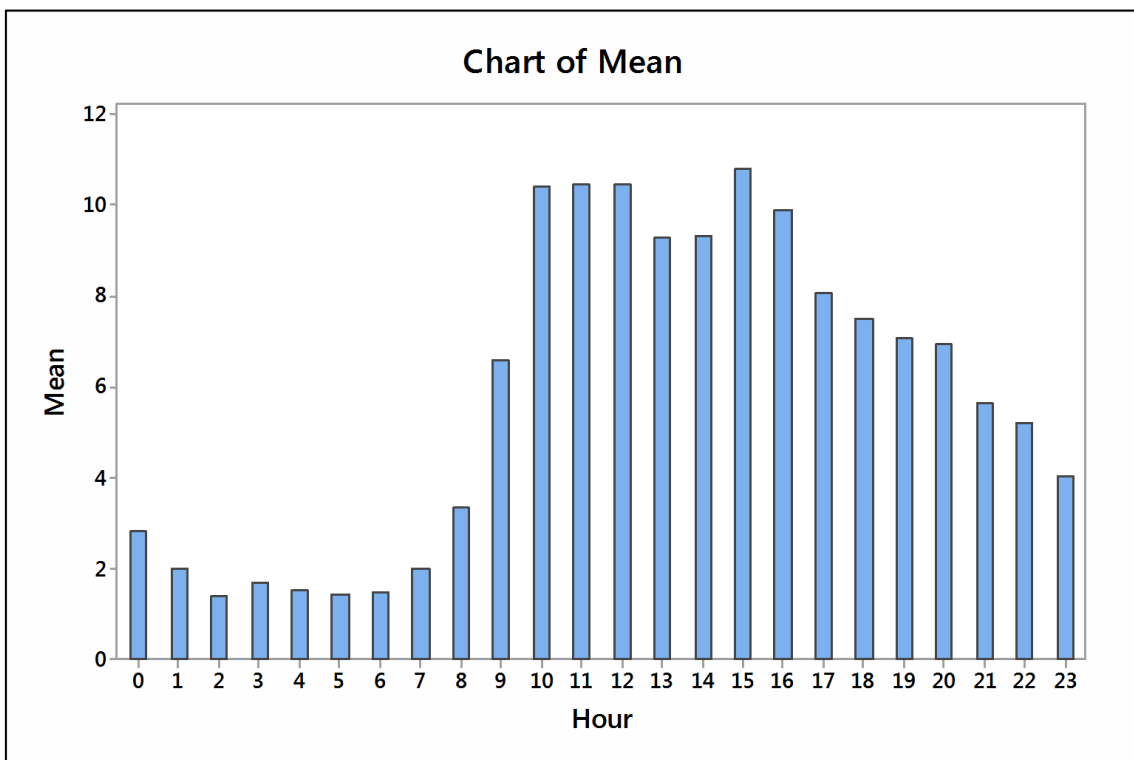
Factor	Levels	Values
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

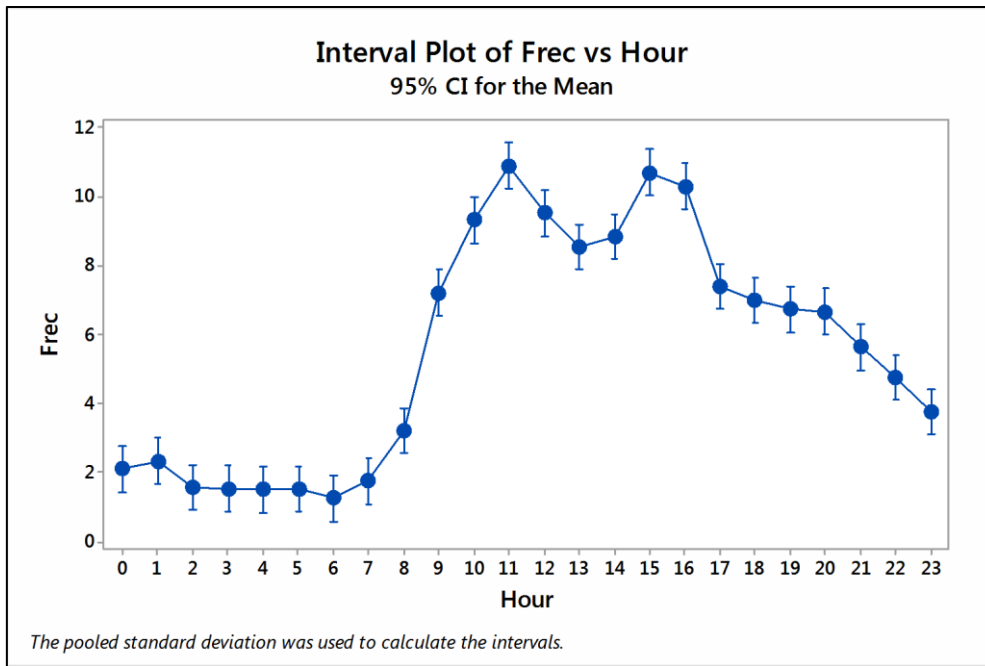
#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	39606	1722,00	261,50	0,000
Error	3360	22126	6,59		
Total	3383	61732			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,56614	64,16%	63,91%	63,64%





### One-way ANOVA: Frec versus Hour

#### Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

Factor	Levels	Values
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

#### Analysis of Variance

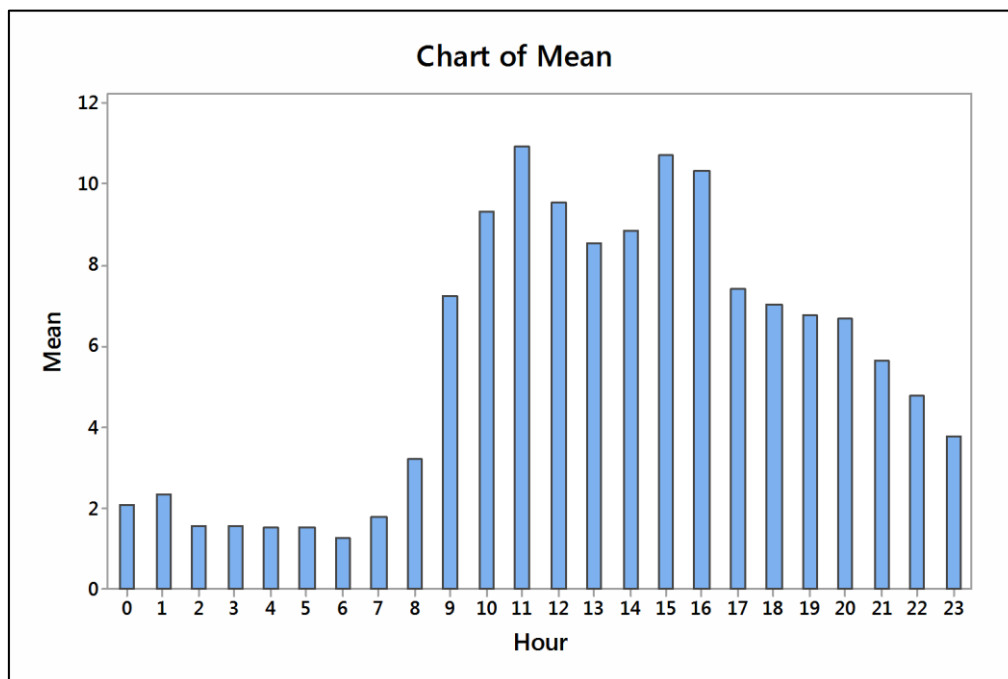
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	13355	580,645	101,25	0,000
Error	1176	6744	5,735		
Total	1199	20099			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,39469	66,45%	65,79%	65,06%

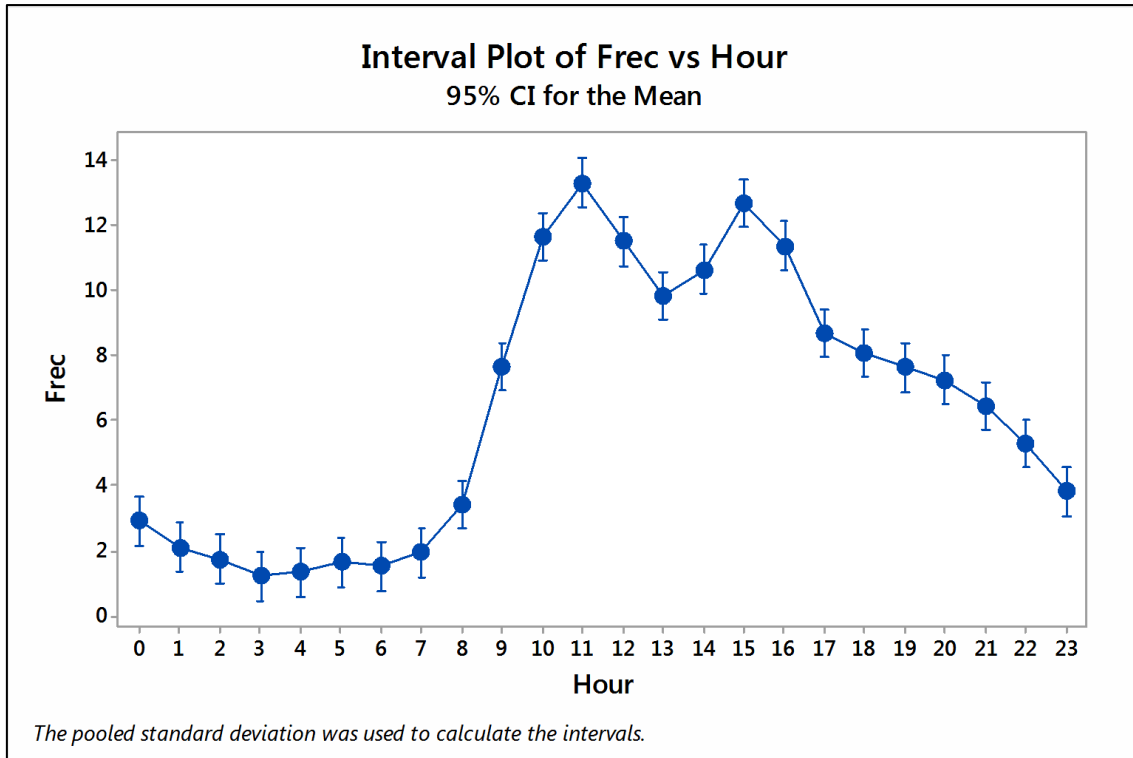
Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI

0	141	2,801	1,946	(2,378;3,225)
1	141	2,014	1,558	(1,590;2,438)
2	141	1,3688	1,1857	(0,9451;1,7925)
3	141	1,695	1,341	(1,271;2,119)
4	141	1,532	1,251	(1,108;1,956)
5	141	1,44	1,311	(1,016;1,863)
6	141	1,489	1,417	(1,066;1,913)
7	141	1,979	1,471	(1,555;2,402)
8	141	3,348	1,656	(2,924;3,771)
9	141	6,596	2,496	(6,172;7,019)
10	141	10,39	3,464	(9,966;10,814)
11	141	10,433	3,552	(10,009;10,856)
12	141	10,44	3,371	(10,016;10,863)
13	141	9,262	3,246	(8,839;9,686)
14	141	9,298	3,002	(8,874;9,722)
15	141	10,773	3,683	(10,349;11,197)
16	141	9,865	3,371	(9,442;10,289)
17	141	8,078	2,964	(7,654;8,502)
18	141	7,511	2,85	(7,087;7,934)
19	141	7,071	3,025	(6,647;7,495)
20	141	6,929	2,922	(6,505;7,353)
21	141	5,631	2,706	(5,207;6,055)
22	141	5,177	2,376	(4,754;5,601)
23	141	4,05	2,044	(3,626;4,473)
Pooled StDev = 2,56614				





- LUNES Y RESTO DE POSTFESTIVOS



### One-way ANOVA: Frec versus Hour

#### Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

Factor	Levels	Values
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

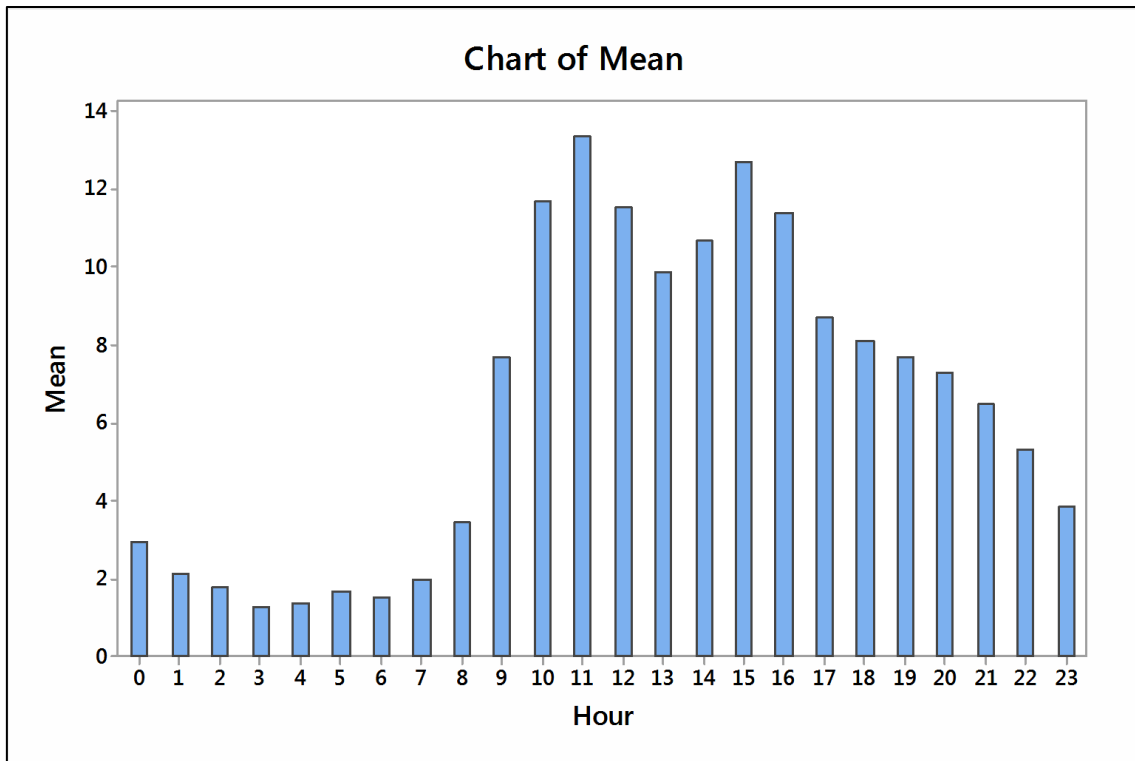
#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	21399	930,385	118,10	0,000
Error	1272	10020	7,878		
Total	1295	31419			

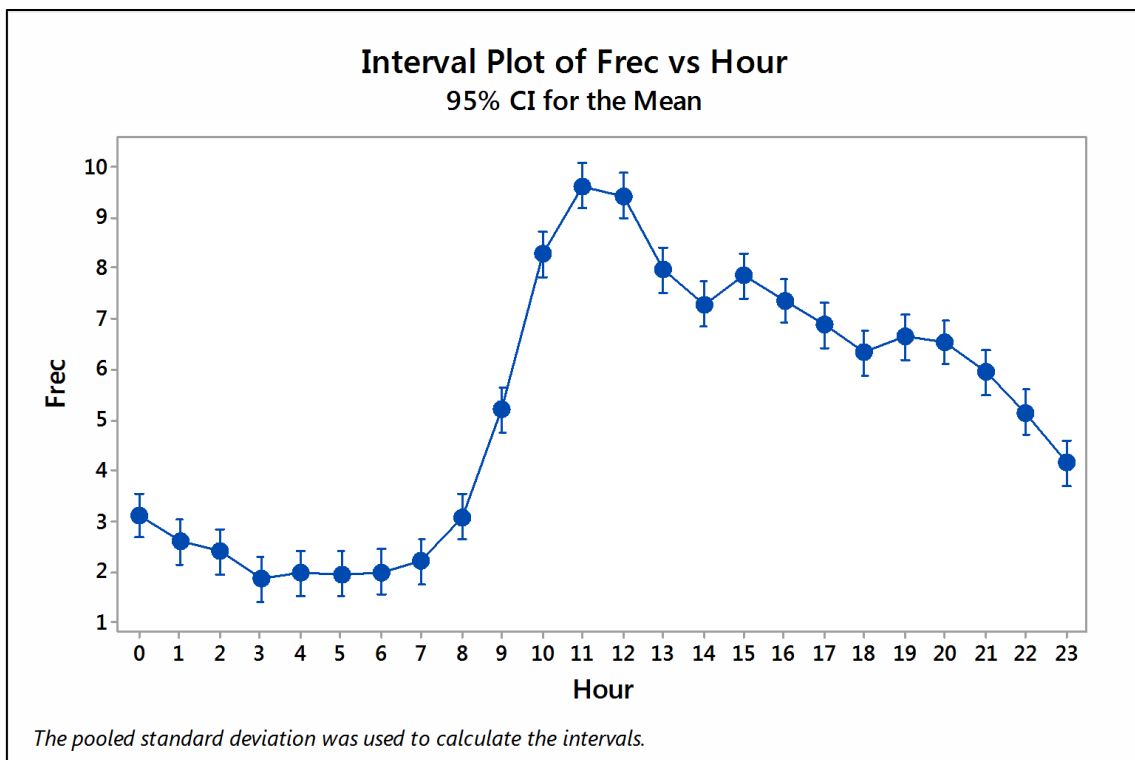
#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,80673	68,11%	67,53%	66,89%

Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	50	2,1	1,776	(1,436;2,764)
1	50	2,34	1,451	(1,676;3,004)
2	50	1,58	1,341	(0,916;2,244)
3	50	1,54	0,994	(0,876;2,204)
4	50	1,5	1,329	(0,836;2,164)
5	50	1,52	1,374	(0,856;2,184)
6	50	1,26	0,986	(0,596;1,924)
7	50	1,76	1,479	(1,096;2,424)
8	50	3,22	1,844	(2,556;3,884)
9	50	7,22	2,866	(6,556;7,884)
10	50	9,32	3,165	(8,656;9,984)
11	50	10,9	3,144	(10,236;11,564)
12	50	9,52	3,321	(8,856;10,184)
13	50	8,54	3,177	(7,876;9,204)
14	50	8,84	2,972	(8,176;9,504)
15	50	10,7	3,079	(10,036;11,364)
16	50	10,3	3,019	(9,636;10,964)
17	50	7,4	2,515	(6,736;8,064)
18	50	7	2,893	(6,336;7,664)
19	50	6,74	3,155	(6,076;7,404)
20	50	6,66	2,309	(5,996;7,324)
21	50	5,64	2,018	(4,976;6,304)
22	50	4,76	2,282	(4,096;5,424)
23	50	3,76	1,858	(3,096;4,424)
Pooled StDev = 2,39469				



- FESTIVOS



## One-way ANOVA: Frec versus Hour

### Method

Null hypothesis All means are equal  
 Alternative hypothesis At least one mean is different  
 Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

### Factor Information

Factor	Levels	Values
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

### Analysis of Variance

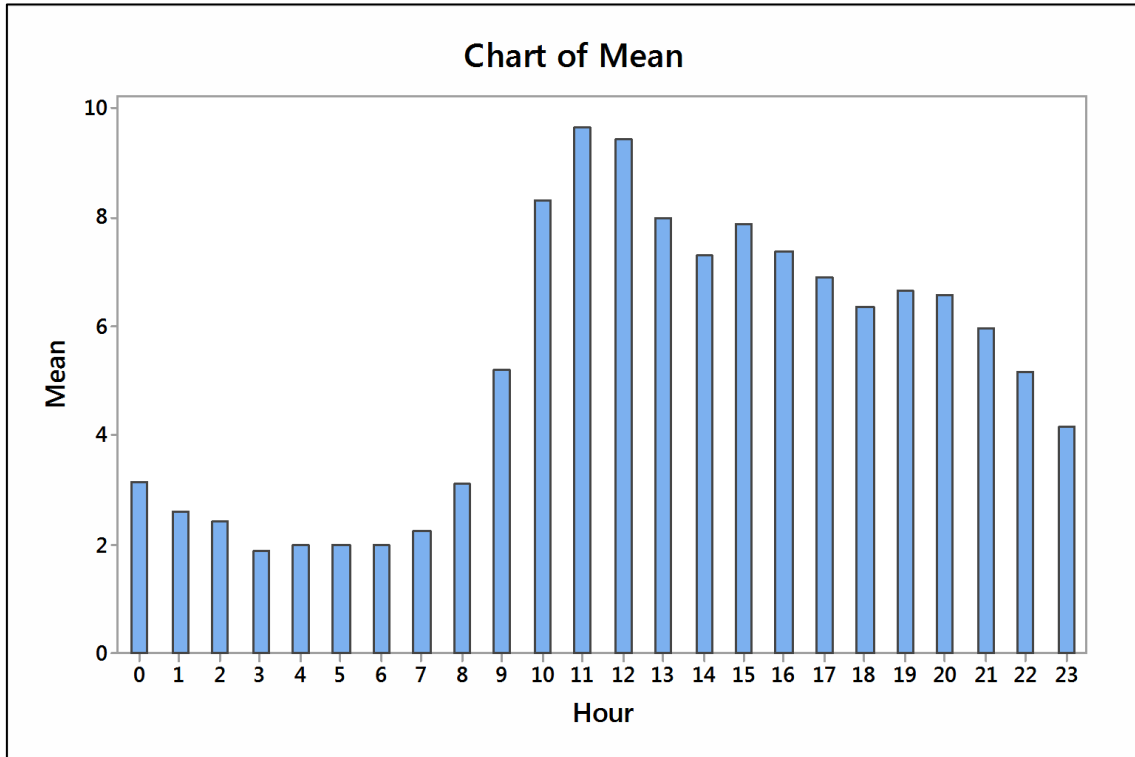
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	18590	808,274	130,04	0,000
Error	2856	17752	6,216		
Total	2879	36342			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,49314	51,15%	50,76%	50,33%

Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	54	2,926	1,841	(2,177;3,675)
1	54	2,111	1,269	(1,362;2,860)
2	54	1,759	1,386	(1,010;2,509)
3	54	1,241	1,212	(0,491;1,990)
4	54	1,352	1,168	(0,603;2,101)
5	54	1,667	1,274	(0,917;2,416)
6	54	1,537	1,177	(0,788;2,286)
7	54	1,963	1,228	(1,214;2,712)
8	54	3,444	1,968	(2,695;4,194)
9	54	7,685	3,452	(6,936;8,435)
10	54	11,685	3,441	(10,936;12,435)
11	54	13,333	3,787	(12,584;14,083)
12	54	11,537	3,78	(10,788;12,286)
13	54	9,87	3,415	(9,121;10,620)
14	54	10,667	3,21	(9,917;11,416)
15	54	12,722	3,531	(11,973;13,472)
16	54	11,407	3,955	(10,658;12,157)
17	54	8,704	3,435	(7,954;9,453)
18	54	8,111	3,622	(7,362;8,860)
19	54	7,667	3,251	(6,917;8,416)
20	54	7,278	3,504	(6,528;8,027)
21	54	6,463	3,231	(5,714;7,212)

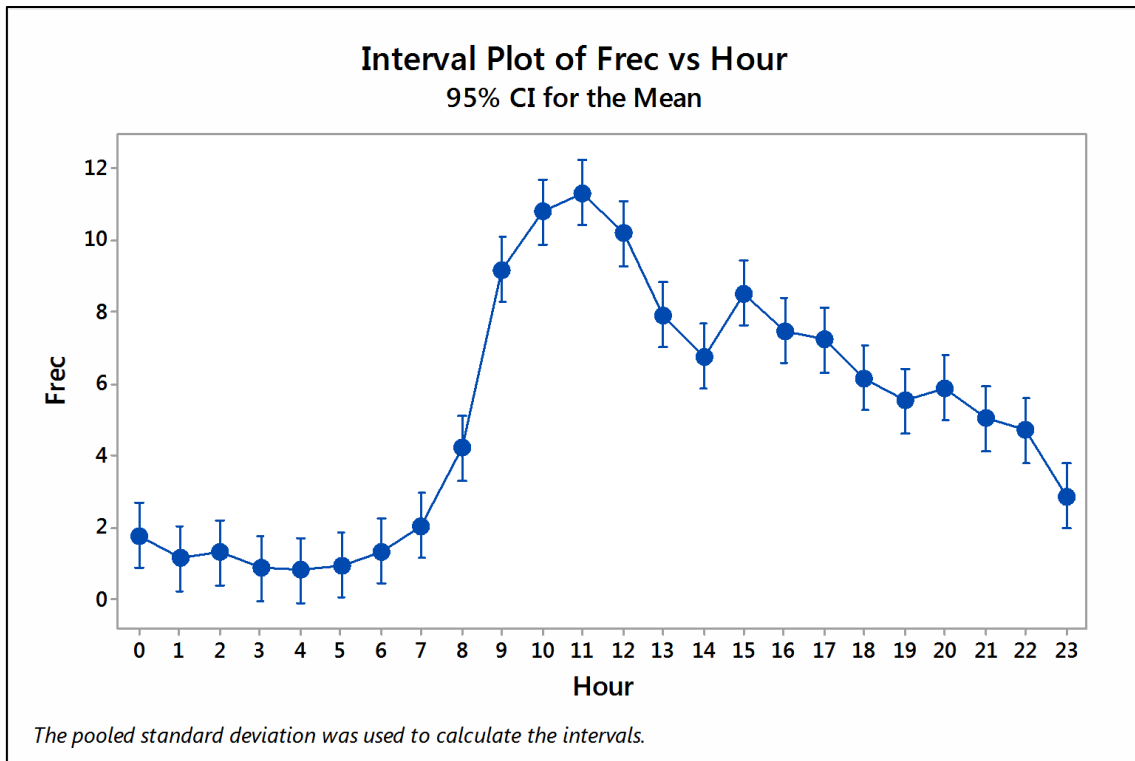
22	54	5,315	2,502	(4,565;6,064)
23	54	3,833	1,998	(3,084;4,583)
Pooled StDev = 2,80673				



## PRIORIDAD 4

Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio

POSTFESTIVO



### One-way ANOVA: Frec versus Hour

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	At least one mean is different
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	8700	378,253	55,64	0,000
Error	744	5058	6,798		
Total	767	13758			

Model Summary

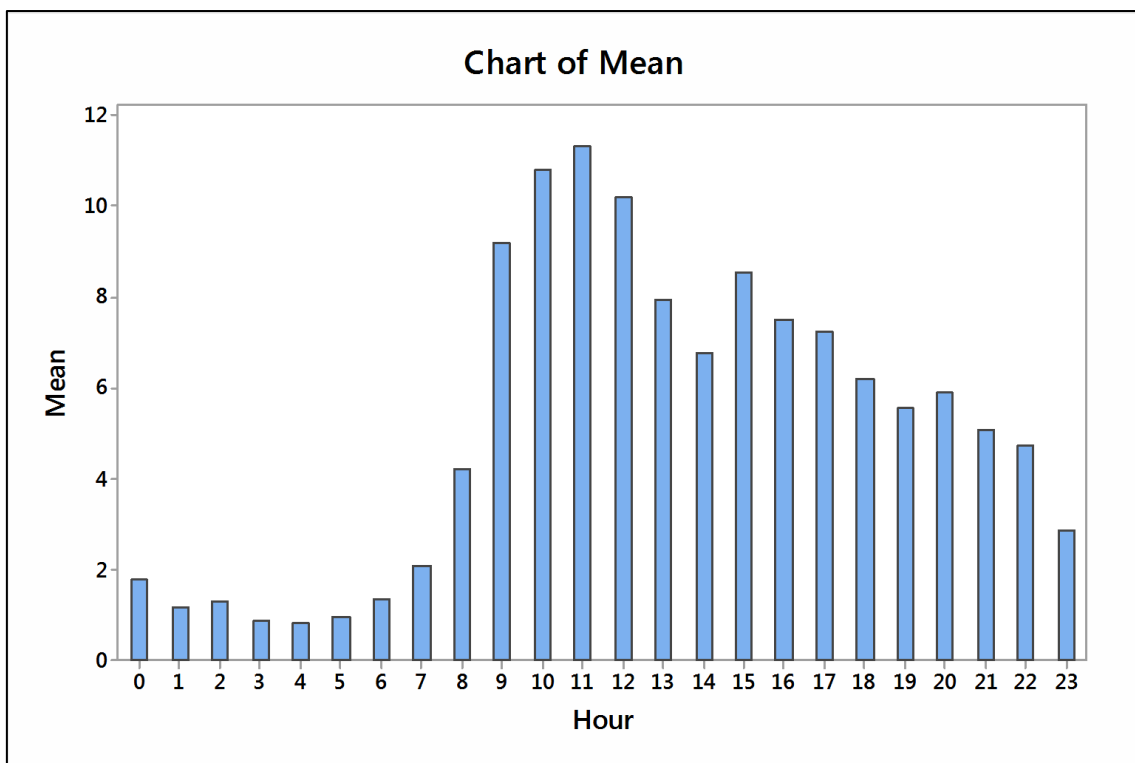
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,60738	63,24%	62,10%	60,83%

Means

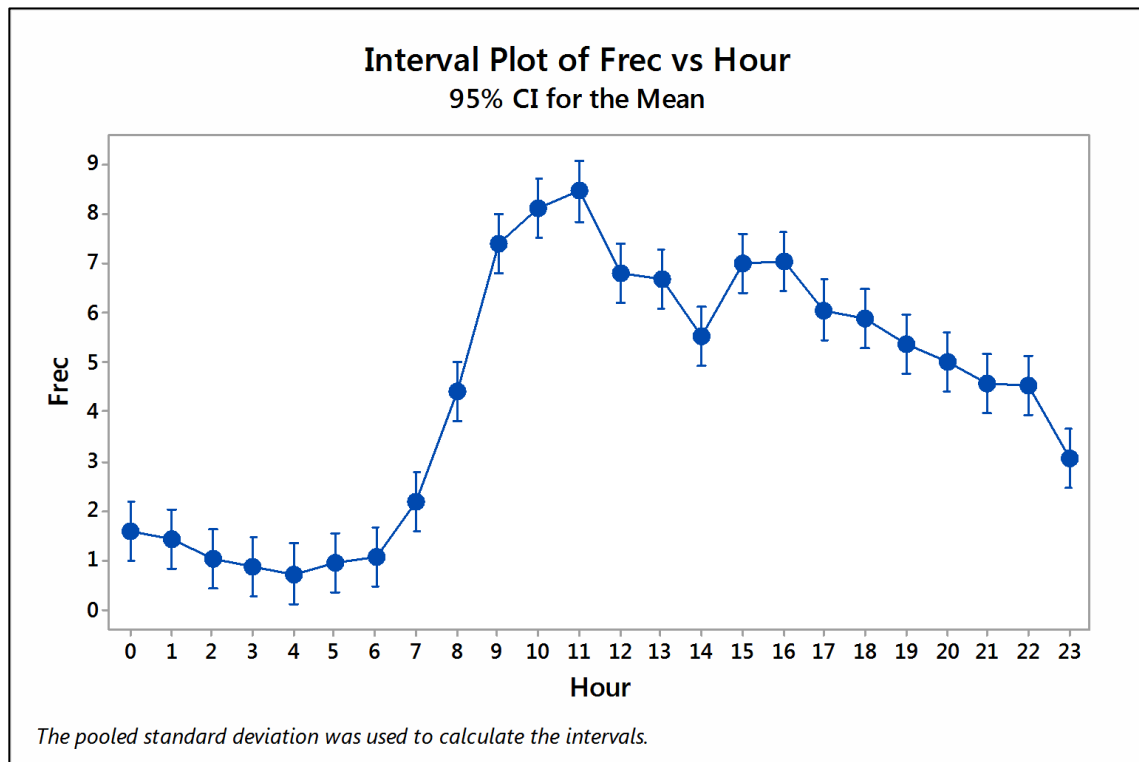
Hour	N	Mean	StDev	95% CI
0	32	1,781	1,289	( 0,876; 2,686)

Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	32	1,781	1,289	(0,876;2,686)
1	32	1,156	1,167	(0,251;2,061)
2	32	1,313	1,256	(0,408;2,217)
3	32	0,875	1,1	(-0,030;1,780)

4	32	0,844	0,987	(-0,061;1,749)
5	32	0,969	0,933	(0,064;1,874)
6	32	1,344	1,382	(0,439;2,249)
7	32	2,063	1,076	(1,158;2,967)
8	32	4,219	2,181	(3,314;5,124)
9	32	9,188	3,237	(8,283;10,092)
10	32	10,813	3,685	(9,908;11,717)
11	32	11,313	3,658	(10,408;12,217)
12	32	10,188	3,906	(9,283;11,092)
13	32	7,938	2,793	(7,033;8,842)
14	32	6,781	2,915	(5,876;7,686)
15	32	8,531	4,204	(7,626;9,436)
16	32	7,5	3,976	(6,595;8,405)
17	32	7,25	3,037	(6,345;8,155)
18	32	6,188	2,657	(5,283;7,092)
19	32	5,531	2,7	(4,626;6,436)
20	32	5,906	3,052	(5,001;6,811)
21	32	5,063	2,313	(4,158;5,967)
22	32	4,719	2,144	(3,814;5,624)
23	32	2,875	1,54	(1,970;3,780)
Pooled StDev = 2,60738				



- Laborables



#### One-way ANOVA: Frec versus Hour

##### Method

Null hypothesis All means are equal  
 Alternative hypothesis At least one mean is different  
 Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

##### Factor Information

Factor	Levels	Values
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

##### Analysis of Variance

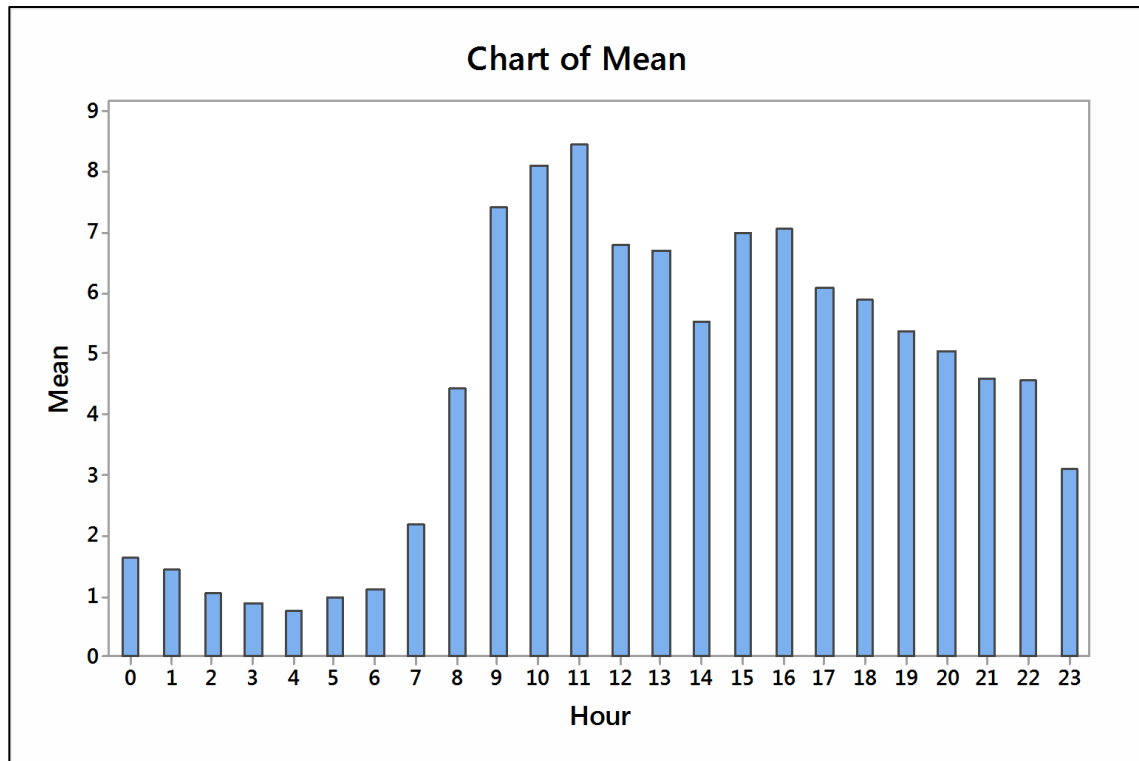
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	8363	363,609	72,25	0,000
Error	1272	6402	5,033		
Total	1295	14765			

##### Model Summary

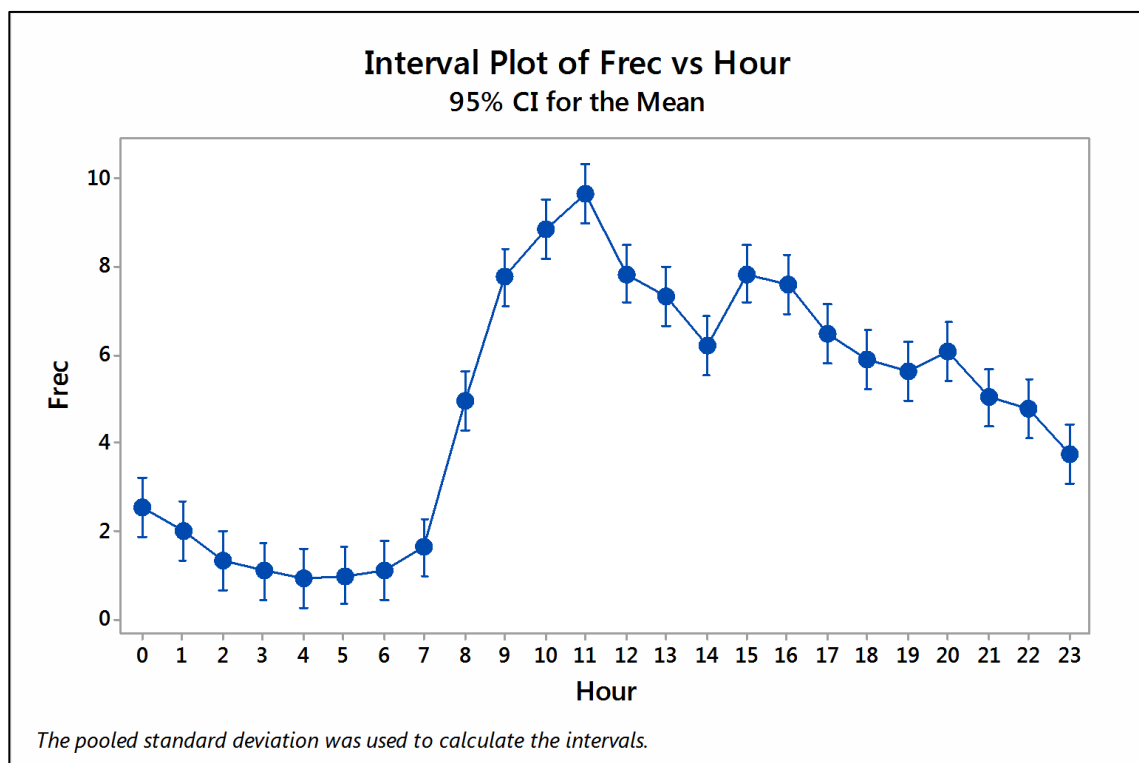
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,24338	56,64%	55,86%	54,99%



Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	54	1,611	1,14	(1,012;2,210)
1	54	1,426	1,34	(0,827;2,025)
2	54	1,037	1,081	(0,438;1,636)
3	54	0,889	0,839	(0,290;1,488)
4	54	0,741	0,935	(0,142;1,340)
5	54	0,963	1,181	(0,364;1,562)
6	54	1,093	1,17	(0,494;1,692)
7	54	2,185	1,415	(1,586;2,784)
8	54	4,407	2,024	(3,808;5,006)
9	54	7,407	3,311	(6,808;8,006)
10	54	8,111	2,826	(7,512;8,710)
11	54	8,463	3,125	(7,864;9,062)
12	54	6,796	2,543	(6,197;7,395)
13	54	6,685	2,188	(6,086;7,284)
14	54	5,537	2,654	(4,938;6,136)
15	54	7	3,655	(6,401;7,599)
16	54	7,056	2,528	(6,457;7,654)
17	54	6,074	2,662	(5,475;6,673)
18	54	5,889	2,604	(5,290;6,488)
19	54	5,37	2,763	(4,771;5,969)
20	54	5,037	2,525	(4,438;5,636)
21	54	4,574	1,996	(3,975;5,173)
22	54	4,537	1,87	(3,938;5,136)
23	54	3,074	1,989	(2,475;3,673)
Pooled StDev = 2,24338				



MV



### One-way ANOVA: Frec versus Hour

#### Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

Factor	Levels	Values
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	9499	412,981	70,09	0,000
Error	1224	7212	5,892		
Total	1247	16710			

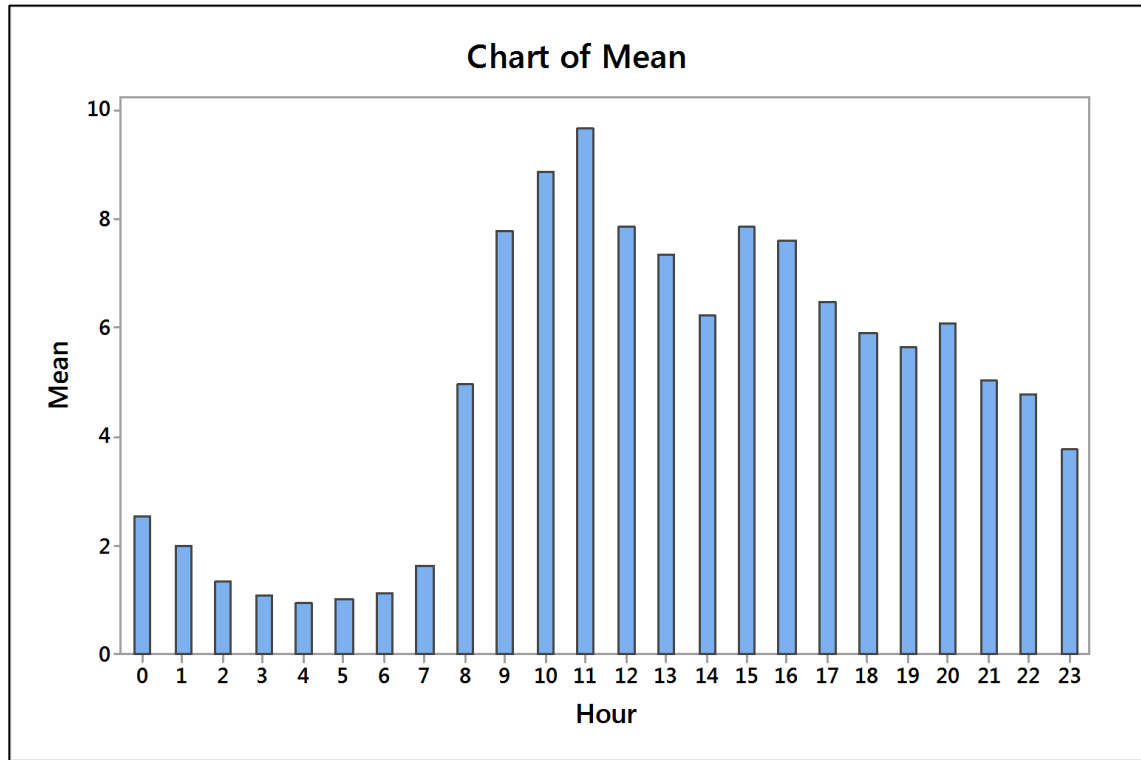
#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,42735	56,84%	56,03%	55,13%

### Means

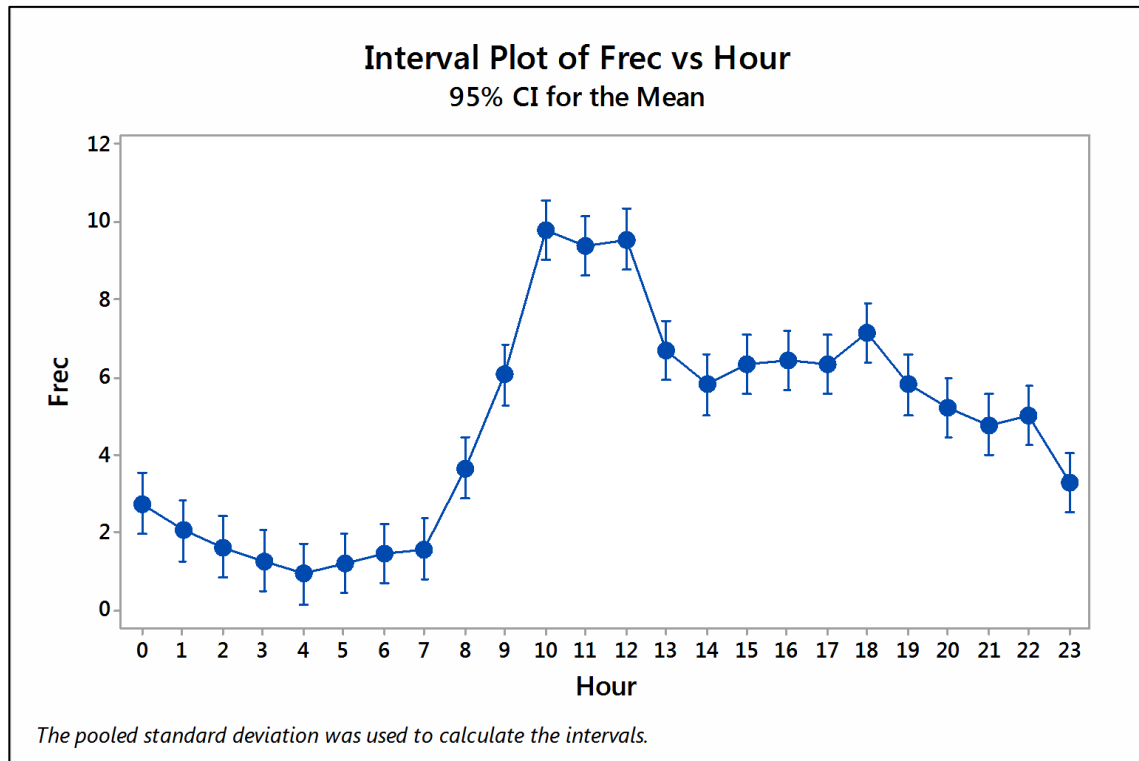
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	52	2,538	1,602	(1,878;3,199)
1	52	2	1,343	(1,340;2,660)
2	52	1,327	1,264	(0,667;1,987)
3	52	1,096	1,192	(0,436;1,757)
4	52	0,942	0,958	(0,282;1,603)
5	52	1	0,907	(0,340;1,660)
6	52	1,115	1,182	(0,455;1,776)
7	52	1,635	1,329	(0,974;2,295)
8	52	4,962	2,449	(4,301;5,622)
9	52	7,769	3,04	(7,109;8,430)
10	52	8,865	3,678	(8,205;9,526)
11	52	9,654	3,89	(8,993;10,314)
12	52	7,846	2,866	(7,186;8,507)
13	52	7,327	2,975	(6,667;7,987)
14	52	6,212	2,6	(5,551;6,872)
15	52	7,846	3,032	(7,186;8,507)
16	52	7,596	3,231	(6,936;8,257)
17	52	6,481	2,524	(5,820;7,141)
18	52	5,904	2,781	(5,243;6,564)
19	52	5,635	2,642	(4,974;6,295)
20	52	6,077	2,367	(5,417;6,737)
21	52	5,038	1,97	(4,378;5,699)
22	52	4,788	2,652	(4,128;5,449)
23	52	3,75	2,038	(3,090;4,410)

Pooled StDev = 2,42735



- FESTIVO

$X;V;D$



Results for: Prioridad4\_EneFebMarAbrMayJun\_FESTIVOS\_XVD.MTW

#### One-way ANOVA: Frec versus Hour

Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

#### Factor Information

Factor	Levels	Values
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

#### Analysis of Variance

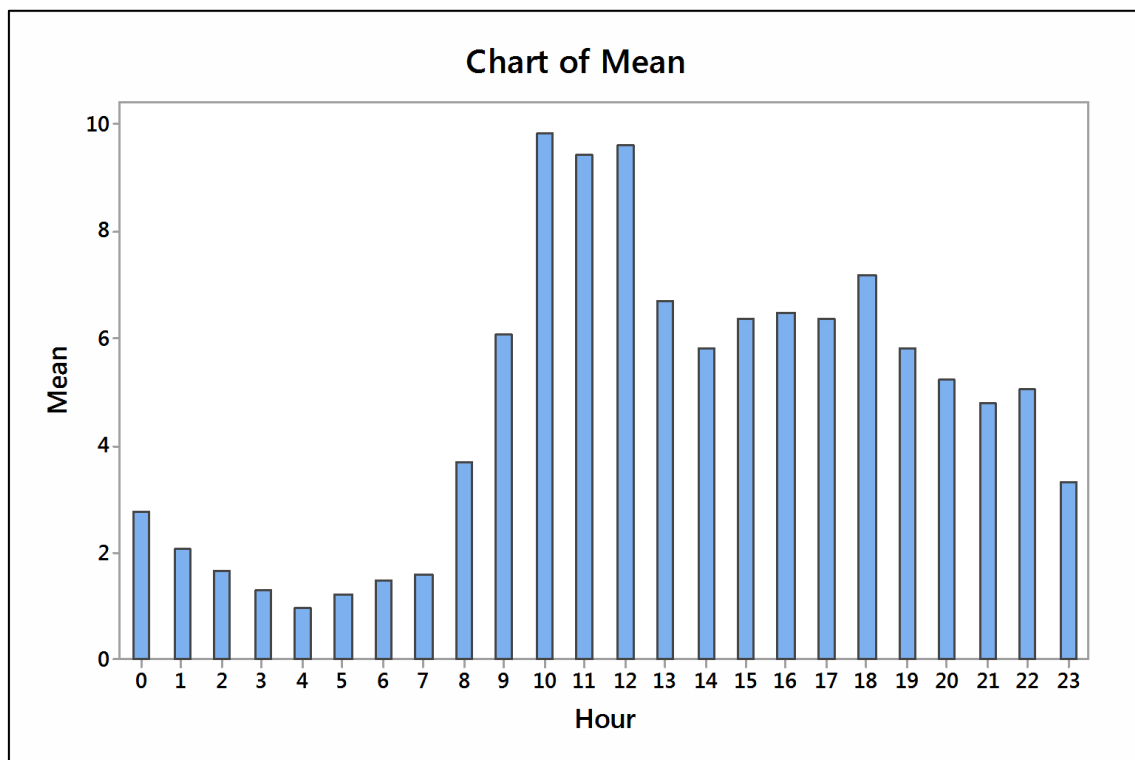
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	6016	261,557	49,25	0,000
Error	792	4206	5,311		
Total	815	10222			

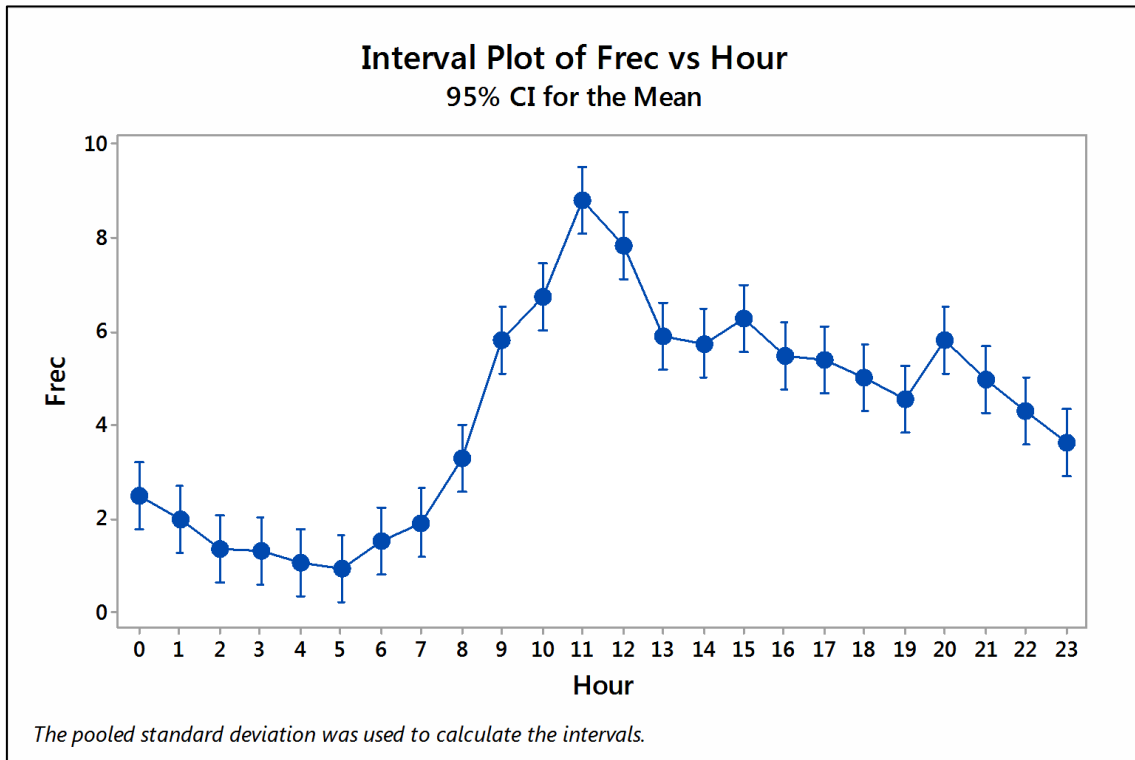
#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,30452	58,85%	57,66%	56,32%

Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	34	2,765	1,415	(1,989;3,541)
1	34	2,059	1,413	(1,283;2,835)
2	34	1,647	1,433	(0,871;2,423)

3	34	1,294	1,338	(0,518;2,070)
4	34	0,941	1,127	(0,165;1,717)
5	34	1,206	0,978	(0,430;1,982)
6	34	1,471	1,107	(0,695;2,246)
7	34	1,588	1,598	(0,812;2,364)
8	34	3,676	1,95	(2,901;4,452)
9	34	6,088	2,065	(5,312;6,864)
10	34	9,824	3,588	(9,048;10,599)
11	34	9,412	3,585	(8,636;10,188)
12	34	9,588	3,386	(8,812;10,364)
13	34	6,706	2,29	(5,930;7,482)
14	34	5,824	2,124	(5,048;6,599)
15	34	6,353	2,028	(5,577;7,129)
16	34	6,471	2,44	(5,695;7,246)
17	34	6,353	2,816	(5,577;7,129)
18	34	7,176	3,371	(6,401;7,952)
19	34	5,824	2,208	(5,048;6,599)
20	34	5,235	2,629	(4,459;6,011)
21	34	4,794	2,459	(4,018;5,570)
22	34	5,029	2,823	(4,254;5,805)
23	34	3,294	1,851	(2,518;4,070)
Pooled StDev = 2,30452				





```

Results for: Prioridad4_EneFebMarAbrMayJun_FESTIVOS_SLMJ.MTW

One-way ANOVA: Frec versus Hour

Method

Null hypothesis          All means are equal
Alternative hypothesis    At least one mean is different
Significance level        $\alpha = 0,05$ 

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor  Levels  Values
Hour    24      0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

Analysis of Variance

Source  DF  Adj SS  Adj MS  F-Value  P-Value
Hour    23   4728    205,547    38,59    0,000
Error   936   4986      5,327
Total   959   9713

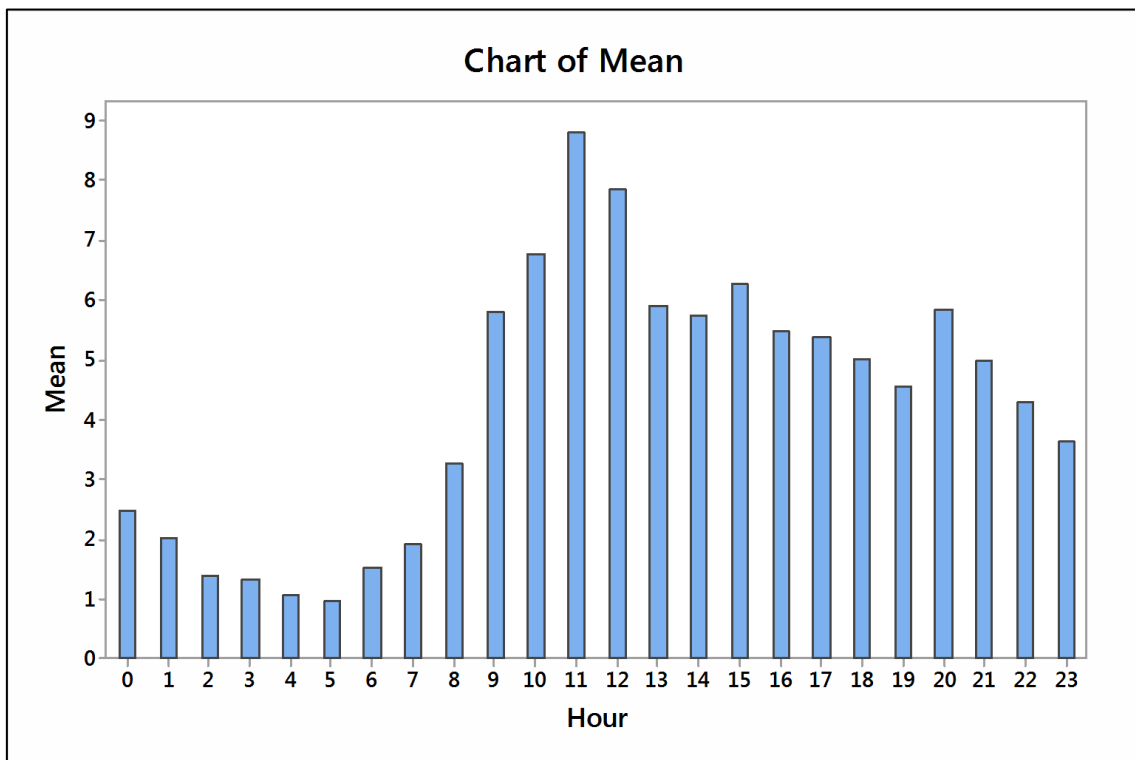
Model Summary

S      R-sq  R-sq(adj)  R-sq(pred)
2,30798  48,67%   47,41%    46,00%

```

Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	40	2,475	1,867	(1,759;3,191)
1	40	2	1,396	(1,284;2,716)
2	40	1,375	1,314	(0,659;2,091)
3	40	1,325	1,095	(0,609;2,041)
4	40	1,05	1,176	(0,334;1,766)

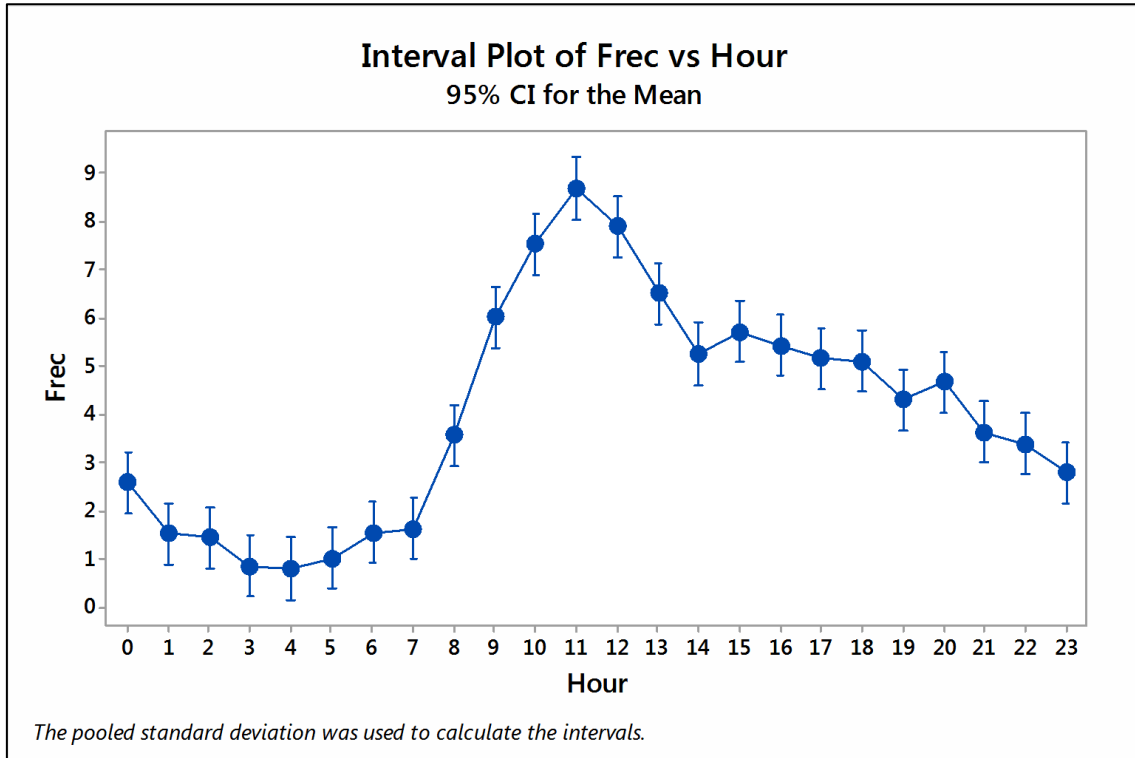
5	40	0,95	1,037	(0,234;1,666)
6	40	1,525	1,536	(0,809;2,241)
7	40	1,925	1,228	(1,209;2,641)
8	40	3,275	1,694	(2,559;3,991)
9	40	5,8	2,431	(5,084;6,516)
10	40	6,75	3,225	(6,034;7,466)
11	40	8,8	3,196	(8,084;9,516)
12	40	7,85	3,286	(7,134;8,566)
13	40	5,9	2,916	(5,184;6,616)
14	40	5,75	2,826	(5,034;6,466)
15	40	6,275	3,537	(5,559;6,991)
16	40	5,475	2,81	(4,759;6,191)
17	40	5,375	2,204	(4,659;6,091)
18	40	5,025	2,236	(4,309;5,741)
19	40	4,55	2,342	(3,834;5,266)
20	40	5,825	2,716	(5,109;6,541)
21	40	4,975	2,587	(4,259;5,691)
22	40	4,3	1,843	(3,584;5,016)
23	40	3,625	1,807	(2,909;4,341)
Pooled StDev = 2,30798				





Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre

- **FESTIVOS**



Results for: Prioridad4\_AgoSepOctNovDic\_FESTIVOS.MTW

**One-way ANOVA: Frec versus Hour**

Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$   
Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

Analysis of Variance

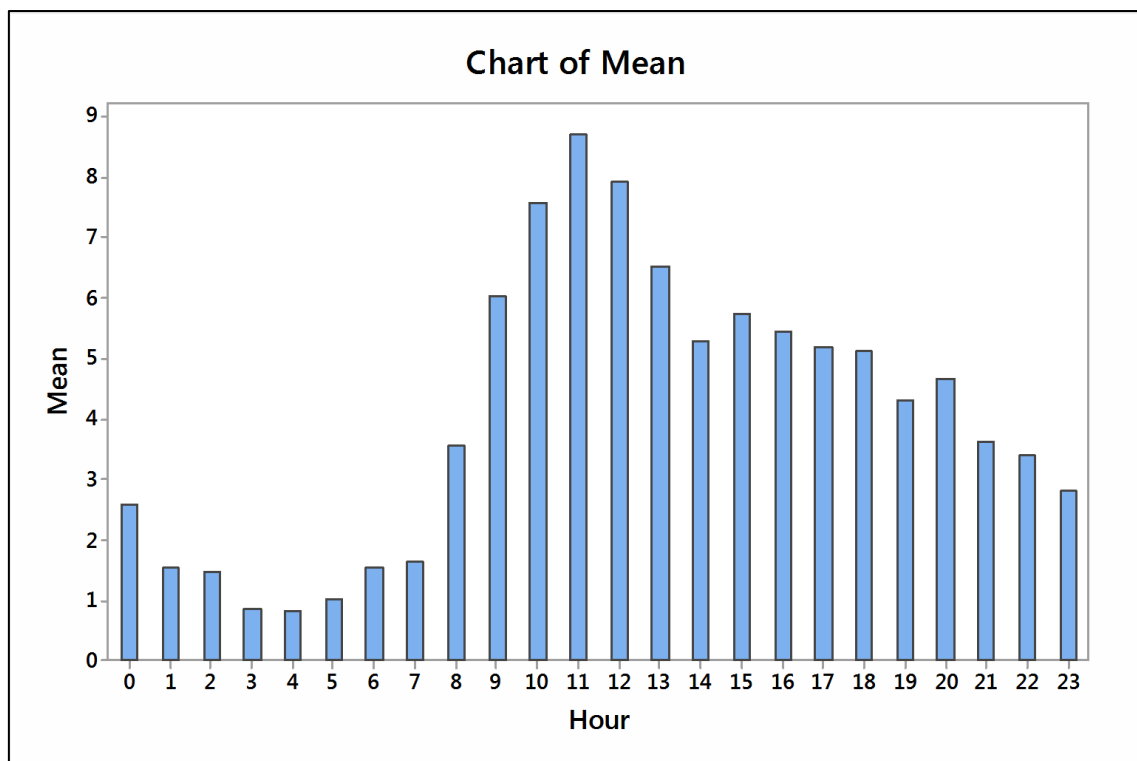
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	3563	254,919	52,86	0,000
Error	1090	5208	4,822		
Total	1103	11071			

Model Summary

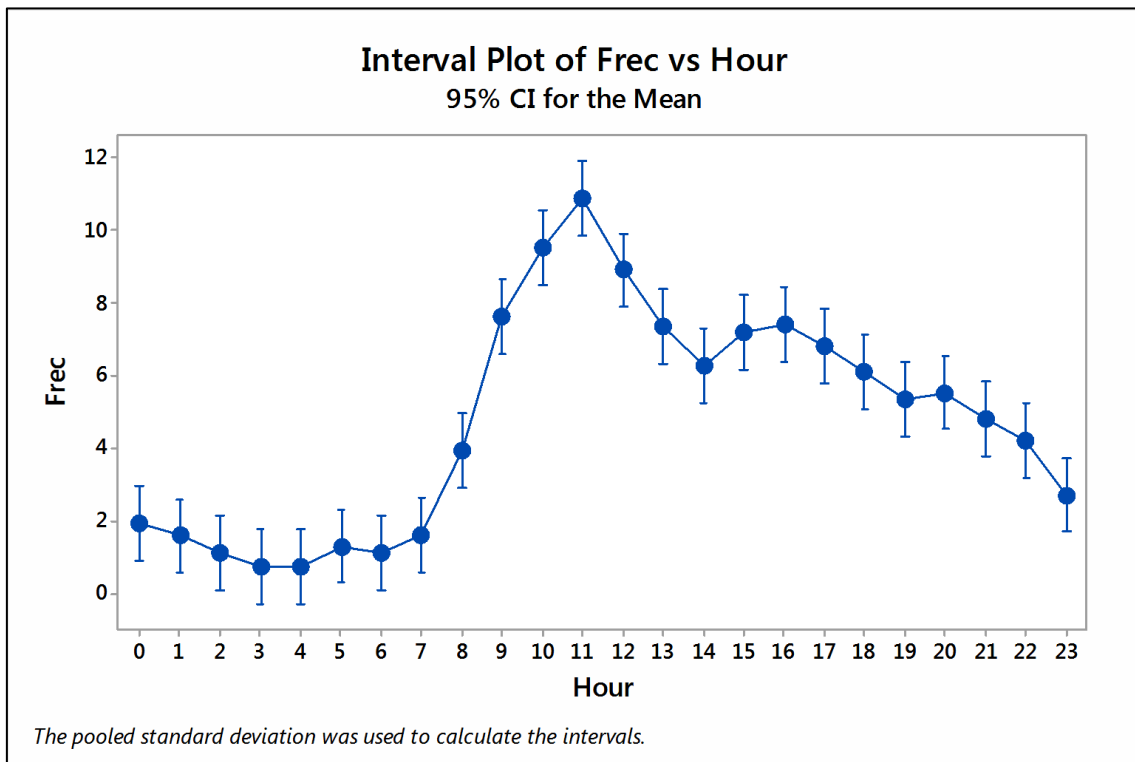
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,19600	52,96%	51,96%	50,84%

Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	46	2,587	1,484	(1,952;3,222)
1	46	1,522	1,26	(0,886;2,157)
2	46	1,457	1,005	(0,821;2,092)
3	46	0,848	1,115	(0,213;1,483)

4	46	0,804	0,749	(0,169;1,440)
5	46	1,022	0,931	(0,386;1,657)
6	46	1,543	1,187	(0,908;2,179)
7	46	1,63	1,142	(0,995;2,266)
8	46	3,565	1,94	(2,930;4,201)
9	46	6,022	2,745	(5,386;6,657)
10	46	7,543	2,85	(6,908;8,179)
11	46	8,696	3,514	(8,060;9,331)
12	46	7,913	3,196	(7,278;8,548)
13	46	6,522	2,519	(5,886;7,157)
14	46	5,261	2,175	(4,626;5,896)
15	46	5,717	2,228	(5,082;6,353)
16	46	5,435	3,082	(4,799;6,070)
17	46	5,174	2,735	(4,539;5,809)
18	46	5,109	2,877	(4,473;5,744)
19	46	4,304	2,075	(3,669;4,940)
20	46	4,674	2,582	(4,039;5,309)
21	46	3,63	2,069	(2,995;4,266)
22	46	3,391	2,092	(2,756;4,027)
23	46	2,804	1,628	(2,169;3,440)
Pooled StDev = 2,19600				



- POSTFESTIVOS



Results for: Prioridad4\_AgoSepOctNovDic\_POSTFEST.MTW

**One-way ANOVA: Frec versus Hour**

Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis At least one mean is different  
Significance level  $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Hour	24	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hour	23	4781	207,870	34,52	0,000
Error	504	3035	6,022		
Total	527	7816			

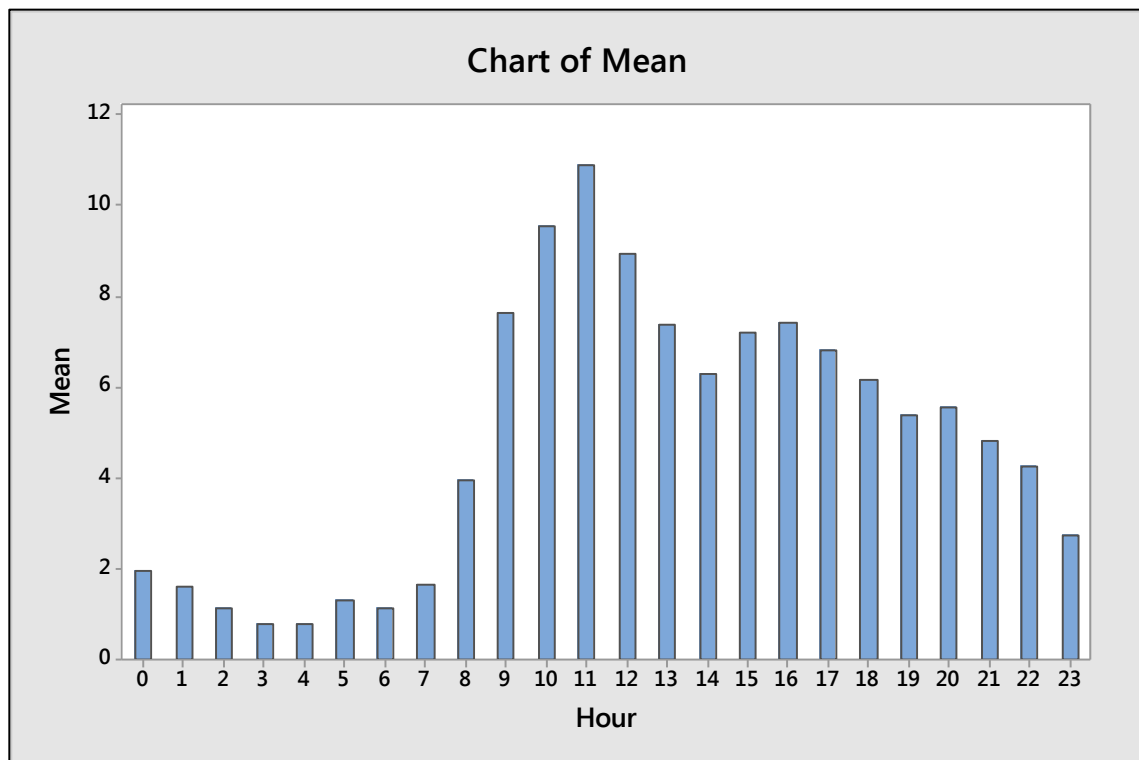
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,45390	61,17%	59,40%	57,38%

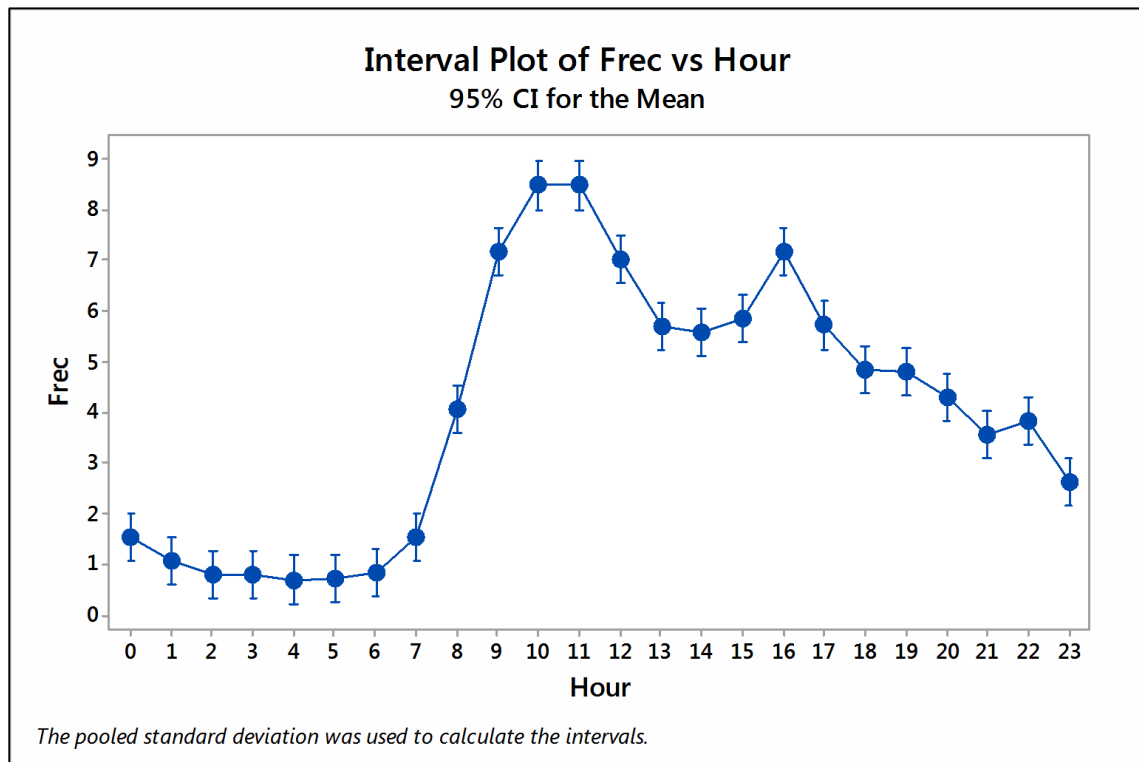
Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	22	1,955	1,558	(0,927;2,982)
1	22	1,591	1,681	(0,563;2,619)
2	22	1,136	1,356	(0,108;2,164)

3	22	0,773	0,612	(-0,255;1,801)
4	22	0,773	0,922	(-0,255;1,801)
5	22	1,318	1,524	(0,290;2,346)
6	22	1,136	1,39	(0,108;2,164)
7	22	1,636	1,177	(0,608;2,664)
8	22	3,955	2,104	(2,927;4,982)
9	22	7,636	3,685	(6,608;8,664)
10	22	9,545	3,687	(8,518;10,573)
11	22	10,864	3,091	(9,836;11,892)
12	22	8,909	3,161	(7,881;9,937)
13	22	7,364	3,185	(6,336;8,392)
14	22	6,273	2,781	(5,245;7,301)
15	22	7,182	2,423	(6,154;8,210)
16	22	7,409	2,737	(6,381;8,437)
17	22	6,818	2,805	(5,790;7,846)
18	22	6,136	3,328	(5,108;7,164)
19	22	5,364	2,985	(4,336;6,392)
20	22	5,545	2,262	(4,518;6,573)
21	22	4,818	2,039	(3,790;5,846)
22	22	4,227	2,562	(3,199;5,255)
23	22	2,727	2,12	(1,699;3,755)

Pooled StDev = 2,45390



# LABORABLES



```

One-way ANOVA: Frec versus Hour

Method

Null hypothesis          All means are equal
Alternative hypothesis    At least one mean is different
Significance level        $\alpha = 0,05$ 

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor  Levels  Values
Hour    24      0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21;
                22; 23

Analysis of Variance

Source   DF   Adj SS   Adj MS   F-Value   P-Value
Hour     23   13404    582,776   120,10    0,000
Error   2016    9783     4,853
Total   2039   23187

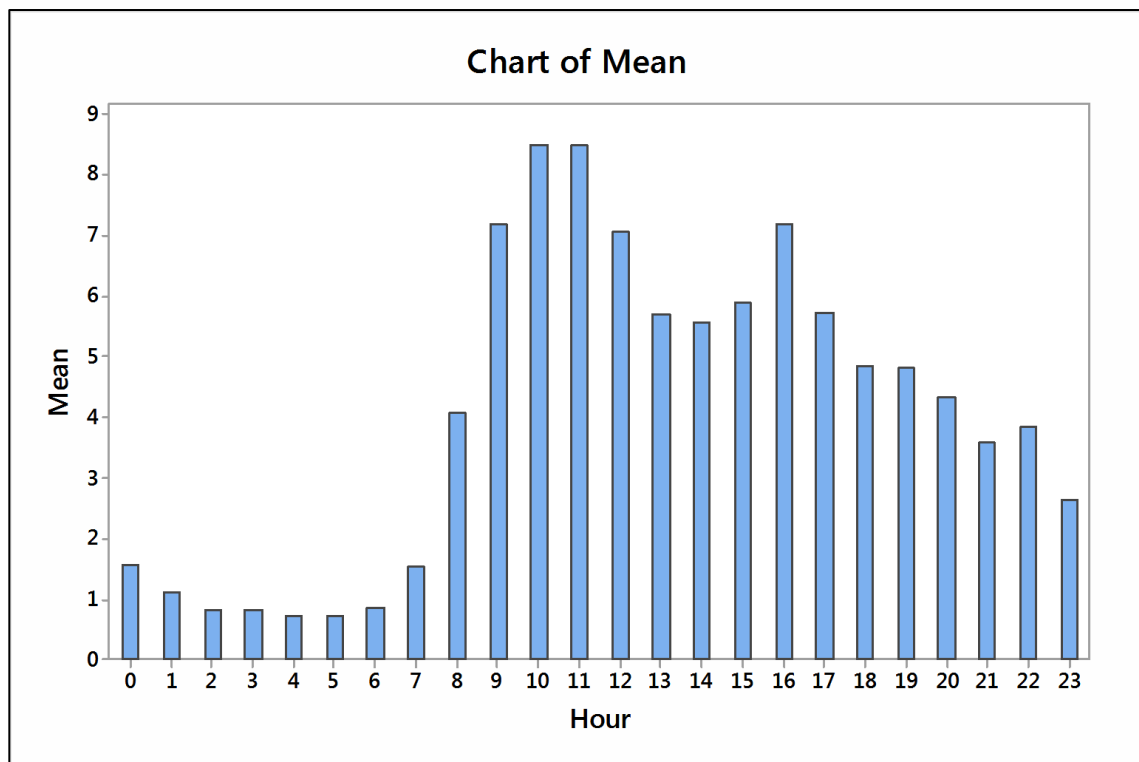
Model Summary

S      R-sq   R-sq(adj)   R-sq(pred)
2,20286  57,81%   57,33%      56,80%

```

Means				
Hour_1	N	Mean	StDev	95% CI
0	85	1,553	1,19	(1,084;2,022)
1	85	1,094	1,019	(0,626;1,563)
2	85	0,812	1,006	(0,343;1,280)
3	85	0,8118	0,9193	(0,3432;1,2803)
4	85	0,706	0,961	(0,237;1,174)
5	85	0,7176	0,8946	(0,2491;1,1862)
6	85	0,847	1,029	(0,378;1,316)
7	85	1,529	1,287	(1,061;1,998)
8	85	4,059	1,898	(3,590;4,527)

9	85	7,176	3,052	(6,708;7,645)
10	85	8,494	3,1	(8,026;8,963)
11	85	8,494	3,235	(8,026;8,963)
12	85	7,047	3,031	(6,578;7,516)
13	85	5,694	2,559	(5,226;6,163)
14	85	5,576	2,674	(5,108;6,045)
15	85	5,882	2,306	(5,414;6,351)
16	85	7,176	3,392	(6,708;7,645)
17	85	5,729	2,656	(5,261;6,198)
18	85	4,859	2,21	(4,390;5,327)
19	85	4,812	2,556	(4,343;5,280)
20	85	4,318	2,356	(3,849;4,786)
21	85	3,576	1,936	(3,108;4,045)
22	85	3,847	2,015	(3,378;4,316)
23	85	2,624	1,779	(2,155;3,092)
Pooled StDev = 2,20286				





## ANEXO 2. Manual Arena.

## Schedules

- ArrivalRatePriority1
- ArrivalRatePriority2
- ArrivalRatePriority3
- ArrivalRatePriority4
- ArrivalRatePriority5
- Physician6
- Physician5
- Physician4
- Physician123
- Physician7
- Adjunto1Schedule
- Adjunto2Schedule
- Adjunto3Schedule

## Atributos

- Aleat\_num
- logistic
- prior
- triage\_room: 1, ambulantes, 3 ambulancias=f(i)
- Autonomy =f(medio de llegada=triage\_room1 o 3)

```
(triage_room==1)*(1*(num_aleat<=prob_acum_autonomia_mediollegada(1,1))+2*(
(num_aleat>prob_acum_autonomia_mediollegada(1,1)) &&
(num_aleat<=prob_acum_autonomia_mediollegada(1,2)))+3*(num_aleat>prob_acum_autonomia_mediollega
da(1,2)))+(triage_room==3)*(1*(num_aleat<=prob_acum_autonomia_mediollegada(2,1))+2*(
(num_aleat>prob_acum_autonomia_mediollegada(2,1)) &&
(num_aleat<=prob_acum_autonomia_mediollegada(2,2)))+3*(num_aleat>prob_acum_autonomia_mediollega
da(2,2)))
```

- RangoEdad=f(Autonomia123)

```
DISC(prob_rango1edad_autonomia(Autonomy),1,1,2)
```

- triage\_ECG(i)
- triage\_RX (% para los que no tienen ECG)

```
(triage_ECG==1)*(UNIF(0,1) <= prob_triag_rx(prior))
```

- t\_triage (prior,ECG): dos distribuciones en función de la triage room.

```
(triage_room== 1 ) * distr_t_triage_12(prior, triage_ECG) + (triage_room== 3 ) * distr_t_triage_34(prior,
triage_ECG)
```



- Circuito= f(tipo triaje y prioridad) 1A 2B 3otros

```
1 + 1 * ( (aleat_num > prob_acum_circuito1 (prior, 1)) * ( triage_ECG==2) + (aleat_num > prob_acum_circuito2
(prior, 1)) * ( triage_ECG==1) * ( triage_RX==0) + (aleat_num > prob_acum_circuito3 (prior, 1)) * ( triage_RX ==1) )
+ 1 * ( (aleat_num > prob_acum_circuito1 (prior, 2)) * ( triage_ECG==2) + (aleat_num > prob_acum_circuito2
(prior, 2)) * ( triage_ECG==0) * ( triage_RX==0) + (aleat_num > prob_acum_circuito3 (prior, 2)) * ( triage_RX ==1) )
```

- t\_InterconsultaDirecta=f(i)
- triage\_A\_tipo (1con ECG,2noECGnoRx,3noRCGsiRx)
- triage\_A\_itinerario(1Consultay calir,2conpruebas,2Interc)
- t\_consult\_1
- t\_consult\_2
- t\_ext\_cons1
- t\_ext\_cons2
- ext\_cons1
- ext\_cons1
- tipo\_prueb\_itinA2

```
(1 * ( num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1(prior,1) ) + 2 * ( (num_aleat >
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,1) ) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,2) ) )
+ 3 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,2) ) && (num_aleat <=
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,3) ) ) + 4 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,3) )
&& (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,4) ) ) + 5 * ( (num_aleat >
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,4) ) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,5) ) ) +
6 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,5) ) && (num_aleat <=
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,6) ) ) + 7 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,6) )
&& (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_1 (prior,7) ) ) ) * ( triage_ECG==2)+
```

```
(1 * ( num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2(prior,1) ) + 2 * ( (num_aleat >
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,1) ) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,2) ) )
+ 3 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,2) ) && (num_aleat <=
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,3) ) ) + 4 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,3) )
&& (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,4) ) ) + 5 * ( (num_aleat >
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,4) ) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,5) ) ) +
6 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,5) ) && (num_aleat <=
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,6) ) ) + 7 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,6) )
&& (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_2 (prior,7) ) ) ) * ( triage_ECG==1) * ( triage_RX==0)+
```

```
(1 * ( num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3(prior,1) ) + 2 * ( (num_aleat >
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,1) ) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,2) ) )
+ 3 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,2) ) && (num_aleat <=
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,3) ) ) + 4 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,3) )
&& (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,4) ) ) + 5 * ( (num_aleat >
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,4) ) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,5) ) ) +
6 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,5) ) && (num_aleat <=
prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,6) ) ) + 7 * ( (num_aleat > prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,6) )
&& (num_aleat <= prob_acum_tipo_prueb_itinA2_3 (prior,7) ) ) ) * ( triage_RX ==1)
```

- t\_prueb\_itinA2

```
(tipo_prueb_itinA2==1)*(dist_t_pruebaA2_RX1(prior, franja_horaria(prior)) ) + (tipo_prueb_itinA2==2)*
(dist_t_pruebaA2_RX2(prior,1) ) + (tipo_prueb_itinA2==3)*(dist_t_pruebaA2_RX2(prior,2) )
+(tipo_prueb_itinA2==4)*(dist_t_pruebaA2_RX3 (prior,1) ) + (tipo_prueb_itinA2==5)*(dist_t_pruebaA2_RX3
(prior,2) )+(tipo_prueb_itinA2==6)*(dist_t_pruebaA2_otros(prior) )
```

- Expl\_Sangre f(tipotriaje, sihasolicitado pruebas o no (7) , prioridad)
- tipo\_RX\_triage

```
=(1* ( num_aleat <= prob_acum_tipo_Rxtriag(prior,1) ) + 2* ( num_aleat > prob_acum_tipo_Rxtriag (prior,1) ) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_Rxtriag (prior,2) ) ) + 3* ( (num_aleat > prob_acum_tipo_Rxtriag (prior,2) ) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_Rxtriag (prior,3) ) ) ) * (triage_A_itinerario <>3)+4* ( num_aleat > prob_acum_tipo_Rxtriag(prior,3) ) * (triage_A_itinerario <>3)
```

```
( 1* ( num_aleat <= prob_acum_tipo_Rxtriag(prior,1) ) + 2* ( num_aleat > prob_acum_tipo_Rxtriag (prior,1) && num_aleat <= prob_acum_tipo_Rxtriag (prior,2) ) + 3* (num_aleat > prob_acum_tipo_Rxtriag (prior,2) && num_aleat <= prob_acum_tipo_Rxtriag (prior,3) ) )*(triage_A_itinerario <>3) +4* (triage_A_itinerario == 3)
```

- t\_RX\_triage

```
(triage_RX==1) * (distr_t_RX_triage(prior, tipo_RX_triage)
```

- tipo\_IP\_itinA3

```
(1* ( num_aleat <= prob_acum_tipo_IP_itinA3_2(prior,1)) + 2* ( (num_aleat > prob_acum_tipo_IP_itinA3_2(prior,1)) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_IP_itinA3_2(prior,2)) ) + 3* ( (num_aleat > prob_acum_tipo_IP_itinA3_2(prior,2)) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_IP_itinA3_2(prior,3)) ) +4* ( (num_aleat > prob_acum_tipo_IP_itinA3_2(prior,3)) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_IP_itinA3_2(prior,4)) ) + 5* ( (num_aleat > prob_acum_tipo_IP_itinA3_2(prior,4)) ) )*( triage_ECG==1)* ( triage_RX==0)+ (1* ( num_aleat <= prob_acum_tipo_IP_itinA3_3(prior,1)) + 2* ( (num_aleat > prob_acum_tipo_IP_itinA3_3(prior,1)) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_IP_itinA3_3(prior,2)) ) + 3* ( (num_aleat > prob_acum_tipo_IP_itinA3_3(prior,2)) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_IP_itinA3_3(prior,3)) ) +4* ( (num_aleat > prob_acum_tipo_IP_itinA3_3(prior,3)) && (num_aleat <= prob_acum_tipo_IP_itinA3_3(prior,4)) ) + 5* ( (num_aleat > prob_acum_tipo_IP_itinA3_3(prior,4)) ) ) * ( triage_ECG==1)* ( triage_RX==1)
```

- Adjunto\_movimiento
- change\_doctor
- cola\_criticos
- DestinoDentroUrgencias
- DiaDelMesLlegada
- doctor\_assign
- ExploracionComplmentarias
- Expl\_Cultivos
- Expl\_Orina
- Expl\_Sangre
- ext\_cons1
- ext\_cons2
- HoraLlegada
- MesLlegada
- num\_aleat
- PatientState
- triageroom\_num
- triage\_A\_itinerario
- triage\_A\_tipo
- t\_entradaPrimConsulta
- t\_entradaSegundaConsulta
- t\_entrada\_urgencias
- t\_explComplementaria

- t\_finconsulta1
- t\_finconsulta2
- t\_InterconsultaDirecta
- t\_salida
- t\_salidainterc
- t\_salidapruebas
- t\_salida\_triage
- t\_wPrimeraConsulta
- t\_wSegundaConsulta

## Variables

- prob\_triag12(i): probabilidad de llegar por la entrada de ambulantes,1, o por la entrada de ambulancias.
- prob\_acum\_autonomia\_mediollegada(triage\_room,autonomía123peatonsillacamilla):
- probab\_rango1edad\_autonomía: probabilidad del rango de edad 1 en función de la autonomía123peatonsillacamilla.
- prob\_triag\_ecg(i)
- prob\_triag\_rx(i)
- prob\_acum\_circuito
- prob\_acum\_circuito 1 (i, circuito,). Con
- ECG (tipo triaje 1)
- prob\_acum\_circuito 1 (i, circuito,). SinECGsinRx (tipo triaje 2)
- prob\_acum\_circuito 1 (i, circuito,). SinECGconRx (tipo triaje 3)
- prob\_intercons\_A(prior, triage\_A\_tipo)
- prob\_acum\_itinerario\_A(prior, triage\_A\_tipo)
- prob\_acum\_itinerario\_A\_1 (prior, itinerario). Provenientes del triaje tipo 1
- prob\_acum\_itinerario\_A\_2 (prior, itinerario). Provenientes del triaje tipo 2
- prob\_acum\_itinerario\_A\_3 (prior, itinerario). Provenientes del triaje tipo 3
- prob\_extens\_cons1
- prob\_extens\_cons2
- prob\_acum\_tipo\_prueb\_itinA2
- prob\_acum\_tipo\_prueb\_itinA2\_1(i,j):para pacientes provenientes del tipo de triaje 1. i=prioridad(1, 5) y j=tipo de prueba(1:1Rx, 2:2Rx solicitados a la vez, 3:2Rx solicitadas en t diferentes dentro del servicio, 4: 3Rx solicitados a la vez, 5: 3Rx solicitadas en t diferentes dentro del servicio, 6: otras pruebas, 7ninguna solicitud)
- prob\_acum\_tipo\_prueb\_itinA2\_2(i,j):para pacientes provenientes del tipo de triaje 2. i=prioridad(1, 5) y j=tipo de prueba(1:1Rx, 2:2Rx solicitados a la vez, 3:2Rx solicitadas en t diferentes dentro del servicio, 4: 3Rx solicitados a la vez, 5: 3Rx solicitadas en t diferentes dentro del servicio, 6: otras pruebas, 7ninguna solicitud)
- prob\_acum\_tipo\_prueb\_itinA2\_3(i,j): para pacientes provenientes del tipo de triaje 3. i=prioridad(1, 5) y j=tipo de prueba(1:1Rx, 2:2Rx solicitados a la vez, 3:2Rx solicitadas en

t. diferentes dentro del servicio, 4: 3Rx solicitados a la vez, 5: 3Rx solicitadas en t diferentes dentro del servicio, 6: otras pruebas, 7ninguna solicitud)

- prob\_acum\_tipo\_IP\_itinA3\_1(prior,1) (0 probabilidad para pacientes del circuito A)
- prob\_acum\_tipo\_IP\_itinA3\_2(prior,1): probabilidad de ir a cada grupo de interconsultas j.
- prob\_acum\_tipo\_IP\_itinA3\_3(prior,1)
- prob\_acum\_tipo\_Rxtriag(i=prioridad, j=1Rx, 2Rx, 3Rx)
- DoctorAssignmentVariable

\*Programación ocupación consulta.

```
Member(Set doctor room A, (doctor_assign*(STATE(Member(Set doctor room A, doctor_assign))=-1)+6*(STATE(Member(Set doctor room A, doctor_assign))<-1)*( SETSUM(Set doctor room A,8)<=5)*(STATE(Member(Set doctor room A, 6))=-1)+7*(STATE(Member(Set doctor room A, doctor_assign))<-1)*(MX(( SETSUM(Set doctor room A,8)>5),( STATE(Member(Set doctor room A, 6))<-1))))*(STATE(Member(Set doctor room A, 7))=-1)))
```

\*Programación de permanencia del médico en la consulta durante su posible extensión:

*Si no tiene pacientes en cola y existe extensión de la consulta (tras consulta mínima):*

```
( (NQ(Seize prim consulta medico1 circuito A.Queue)==0)*(doctor_assign==1) || (NQ(Seize prim consulta medico2 circuito A.Queue)==0)*(doctor_assign==2) || (NQ(Seize prim consulta medico3 circuito A.Queue)==0)*(doctor_assign==3) || (NQ(Seize prim consulta medico4 circuito A.Queue)==0)*(doctor_assign==4) || (NQ(Seize prim consulta medico5 circuito A.Queue)==0)*(doctor_assign==5) || (NQ(Seize prim consulta medico6 circuito A.Queue)==0)*(doctor_assign==6) ) && (ext_cons1==2)
```

## Expresiones

- distr\_t\_triage\_12 (i,j) donde i es la prioridad y j la realización o no de ECG en triaje.

*Ambulantes con ECG: NORM(9.309,4.673)*

*Ambulantes sin ECG: LOGN(1.320,0.54489)*

- distr\_t\_triage\_34 (i,j): donde i es la prioridad y j la realización o no de ECG en triaje (1,2)

*Ambulancias con ECG: WEIB(10.24,3.546)*

*Ambulancias sin ECG: WEIB(5.747,5.544)*

- distr\_t\_RX\_triage(i,j)

*i=prioridad*

*j=1 placa, 2 placas 3 placas, 4 itinerarios interconsulta directa*

*Prioridad 3:*

*4: 3-param lognormal: LOGN(3.066,1.510)+6.154*

*3: loglogistic loc(2.788) scale(0.3149)*

*2: loglogistic loc(2.659) scale(0.2833)*

*1: loglogistic loc(2.646, scale 0.2566)*

*Prioridad 4:*

*1: loglogistic (2.587, 0.2489)*

*2: loglogistica (2.616, 0.2583)*

*3: loglogistica (2.679, 0.2834)*

*4:3-Param LogNormal (2.651, 1.563)+7.504*

- distr\_t\_consulta\_1

$t \sim \log N(2.528, 0.7518)$

- distr\_t\_consulta\_2

$t \sim \log N(2.116, 0.4583)$

- distr\_t\_exten\_1

$t \sim \log N(3.424, 2.127, ,)$

- distr\_t\_exten\_2

$t \sim N(2.024, 1.981)$

- franja\_horaria (i)

3: 10h:22h (<23:00h):

$1 + ( (AMOD(TNOW, 24) \leq 10) \text{ || } (AMOD(TNOW, 24) > 23) )$

4 y 5: 14h y (18:00-21:00):

$1 + ( (AMOD(TNOW, 24) < 14) \text{ || } ( (AMOD(TNOW, 24) < 18) \&\& (AMOD(TNOW, 24) > 21) ) )$

- dist\_t\_pruebaA2\_RX1(i,j): prioridad y franja (1, de día, 2 de noche)

3:

$\log N(3.022, 0.7529)$  thresh 1.917 (1)

$\log N(2.926, 0.6055)$ -franja dos, de noche (2)

4 y 5

3-ParamLognormal (2.773, 0.8959, thresh 3.456)

3-ParamLognormal (2.694, .7551, thresh 2.576)

- dist\_t\_pruebaA2\_RX2(i, j): prioridad y solicitud simultánea de pruebas o en instantes diferentes a lo largo del período de servicio.

3:

$\log N(4.658, 0.7462)$ ; separadas

$\log N(3.912, 1.056)$ ; juntas

4y5:

3-param  $\log N(2.788, 0.7242)$  thresh 2.130 –juntas

$W(141.8, 1.614)$

- dist\_t\_pruebaA2\_RX3(i)

(j=1 juntas, 2 en diferentes momentos)

3:

$W(152.1, 2.037)$ -separadas

Parameter weibull(82.44, 0.9586)+4.066-juntass

4y5:

$W(141.8, 1.614)$ -separadas

3Param LNORM(2.946, 0.8125) thresh 2.340.

- dist\_t\_pruebaA2\_otros(i,j)

3:  $\log N(3.298, 0.9076)$

4y5: LogNormal (3.742, 1.273)

- dist\_t\_IPA3(i,j)

Pr 3

99:  $W(137.4, 1.241)$

2:  $W(199.1, 1.614)$

3:  $W(134.4, 1.218)$



4:  $W(103.1, 1.286)$   
4700:  $\text{logn}(4.036, 0.8111)$   
Pr 4 y 5 única:  
 $\text{EXPO}(134.7)$

- dist\_t\_idirecta

3:  $\text{LogNormal}(\text{Scala}=0.5285 \text{ y } \text{loc}=5,647)$   
4y5:  $\text{LNORM}(5.726, 0.5288)$

- distr\_t\_admision



## ANEXO 3. Ficheros.

## Fichero “HCI Urgencias”

El fichero “HCI\_Urgencias” proporcionado por el Hospital de Navarra contiene los siguientes campos:

NHC\_ANONIMIZADO: número de historial de cada paciente, único.

CIPNA\_ANONIMIZADO: número asignado a cada paciente (ej. En caso de venir un extranjero en Sanfermines, aunque no tenga número de historial tiene derecho a ser atendido y se le asigna un número *Cipna* determinado).

NUM\_CASO\_ANONIMIZADO: número de caso correspondiente a cada vez que un paciente acude a urgencias. Para un mismo número de historial (persona física) pueden encontrarse más de un número de caso debido a que ha acudido a urgencias más de una vez a lo largo de su vida.

EDAD: edad del paciente que acude al servicio.

FECHA\_HORA\_RECEPCION: fecha y hora en la que el paciente entra a *admisión* de urgencias.

FECHA\_HORA\_ALTA: fecha y hora a la que un paciente es dado de alta en urgencias para ser ingresado en el hospital, ser trasladado a otro hospital, fuga, etc.

COD\_TIPO\_ALTA\_URGENCIAS: código del tipo de alta que se da al paciente codificada

DES\_TIPO\_ALTA\_URGENCIAS: descripción del código de la columna anterior correspondiente al tipo de alta:

- 0: en proceso de valoración
- 1: alta médica
- 2: traslado a otro centro
- 3: exitus
- 4: Otras causas
- 5: voluntaria
- 6: fuga o abandono
- 7: Traslado asist. sociosanitaria
- 8: ingreso hospitalario
- 9: ingreso domiciliario

## Fichero “Pruebas complementarias”

COD\_SERVICIO\_SOLICITANTE

DES\_SERVICIO\_SOLICITANTE

- 1200: Genética
- 1900: Radiología



- 2000: Medicina intensiva UCI
- 4000: Medicina Interna
- 4101: Unidad de cirugía Endocrina
- 4102: Unidad de cirugía mamaria
- 4103: Unidad de cirugía colorrectal y protocolo
- 4104: Unidad de cirugía de urgencias
- 4105: Unidad de cirugía de pared abdominal
- 4200: Cirugía maxilofacial
- 4300: Cirugía plástica
- 4500: Obstetricia y ginecología
- 4600: Oftalmología
- 4700: Otorrinolaringología
- 5000: Traumatología HVC
- 5100: Urología
- 5400: Psiquiatría (UHP-1)
- 9802: Cirug. Ortop Traumat-Raquis
- 9804: Cirug Ortop Traumat-Extremidad Superior
- 18100: Anestesia y Reanimación
- 18200: Radiología
- 19301: Cirugía Torácica
- 19302: Cirugía vascular
- 19501: Cirugía Hepatobiliopancreática
- 19502: Unidad de cirugía esófago-gástrica
- 19600: neurocirugía
- 20100: Digestivo
- 20200: Cardiología – Unidad Coronaria
- 20400: Endocrinología
- 20500: Enfermedades infecciosas
- 20700 Hematología
- 20800 Medicina Intensiva UCI
- 21000 Nefrología
- 21200: Neurología
- 21301: Oncología Médica
- 21302: Oncología Radioterápica
- 21900: Urgencias
- 29600: Z.B. Tafalla
- 30500: Z.B. Ancin
- 33100: Hospitalización domiciliaria
- 34100: Anestesia y reanimación
- 34300: Nefrología
- 34500: Cardiología
- 34600: Neumología
- 35000: Urgencias de pediatría

- 43900: Z.B. Buztintxuri
- 44000: CO y Traumatología Infantil HVC
- 60300: Emergencias sanitarias calle aoiz
- 95414: Ambulancias día

NUM\_CASO\_ANONIMIZADO: número de caso correspondiente a cada vez que un paciente acude a urgencias. Para un mismo número de historial (persona física) pueden encontrarse más de un número de caso debido a que ha acudido a urgencias más de una vez a lo largo de su vida.

NHC\_ANONIMIZADO: número de historial de cada paciente, único.

FECHA\_SOLICITUD.

FECHA\_REALIZACION.

COD\_PRUEBA.

DES\_PRUEBA.

COD\_GRUPO\_1\_PRUEBA

DES\_GRUPO\_1\_PRUEBA

- 1: Radiología
- 2: Neumología
- 3: Cardiología
- 7: Hematología
- 8: Digestivo
- 10: Obstetricia y Ginecología
- 12: Neurofisiología
- 57: Genética
- 100: Unidad del Sueño
- 10415 Medicina Interna
- 10450 Medicina Nuclear
- 16835: Neurología
- 17000: Interconsulta
- 17007 Anestesia

COD\_GRUPO\_2\_PRUEBA

DES\_GRUPO\_2\_PRUEBA:

- 123: Portatil Adultos
- 946: Copia de placa
- 1075: Gastroscopia
- 1076: Colonoscopia
- 1078: C.P.R.E
- 1079: Ecoendoscopia

- 1081: Rectoscopia
- 1082: Rectosigmoidoscopia
- 1083: Cápsula endoscópica
- 1087: Test del aliento
- 1250: Broncoscopia
- 1275: Electroencefalograma
- 1279: Electromiograma
- 1293: Potenciales evocados
- 1325: Estudio del Sueño
- 1350: Medulograma
- 1400: Ecografía Ginecológica
- 1550 Hemodinámica
- 1554: Ecocardiograma
- 1562: Electrocardiograma
- 1563: Holter
- 1564: Pruebas de Esfuerzo
- 10199: Pediatría
- 10292: Adultos
- 15001: A. Prestaciones Médico Peticionario
- 15501: B. Exclusivas del servicio de Medicina Nuclear
- 16664: Oncohematología
- 16733: Medulograma + biopsia coxal
- 16740 Citometría
- 16761: Colirio de suero autólogo
- 16837: Dopple Transcraneal
- 16842: Doppler Trascraneal- Doppler continuo cervical.
- 16843: Eco-Doppler (Dúplex) Troncos Supraaórticos
- 16844: Dúplex Color Transcraneal
- 16846: Estudio Comunicación Derecha-Izquierda (Foramen Oval Perme.)
- 16866 Eritroaféresis
- 17000: Interconsulta
- 18030: Enteroscopia
- 18107: Ecoscopia
- 18202: Vía venosa central
- 18203: Implante de Dispositivos

COD\_GRUPO\_3\_PRUEBA

DES\_GRUPO\_3\_PRUEBA

COD\_GRUPO\_4\_PRUEBA

DES\_GRUPO\_4\_PRUEBA

COD\_GRUPO\_5\_PRUEBA

### Fichero “HCI Triage”:

NHC\_ANONIMIZADO: número de historial de cada paciente, único.

NUM\_CASO\_ANONIMIZADO: número de caso correspondiente a cada vez que un paciente acude a urgencias. Para un mismo número de historial (persona física) pueden encontrarse más de un número de caso debido a que ha acudido a urgencias más de una vez a lo largo de su vida.

FECHA\_TRIAGE: fecha en la que el paciente es triado.

HORA\_TRIAGE: hora en la que el paciente es triado.

FECHA\_SALIDA: fecha en la que el paciente abandona el edificio de urgencias (puede transcurrir tiempo entre la hora de alta y salida si debe ser trasladado por una ambulancia que todavía no está disponible, etc.).

HORA\_SALIDA: hora en la que el paciente abandona el edificio de urgencias.

FECHA\_OBSERVACION: fecha en la que el paciente entra en observación.

HORA\_OBSERVACION: hora en la que el paciente entra en observación.

CIRCUITO\_ASIGNADO: circuito asignado por el personal de triaje (A o B)

- 29983 CA
  - 29985 C 5
  - 29986 C 6
  - 29987 C 7
  - 29988 C 8
  - 29989 C 9
  - 29990 C 10
  - 29991 PSIQ
  - 29992 OFT
- 29984 CB
  - 30008 Eq 1
  - 30009 Eq 2
  - 30010 Eq 3
  - 30011 Eq 4
  - 30012 Eq 5
  
  - 29993 Trauma
  - 29994 C. General
  - 29995 ORL
  - 29996 Urología
  - 29997 C.Plástica

- 29998 MXF
- 29999 Neurología
- 30000 Cardiología
- 30001 C. Vascular
- 30002 C. Torácica
- 30003 Dermatología
- 30004 Hematología
- 30005 Oncología
- 30006 C. Cardíaca
- 30007 Otros Servicios (teclear Servicio)
- 30013 Neurocirugía

MOTIVO\_CONSULTA.

PRIORIDAD: Prioridad por el sistema informático en función de los síntomas introducidos por la enfermero de triaje.

EXPLORACIONES\_COMPLEMENTARIAS: exploraciones complementarias solicitadas para el paciente (codificación desconocida).

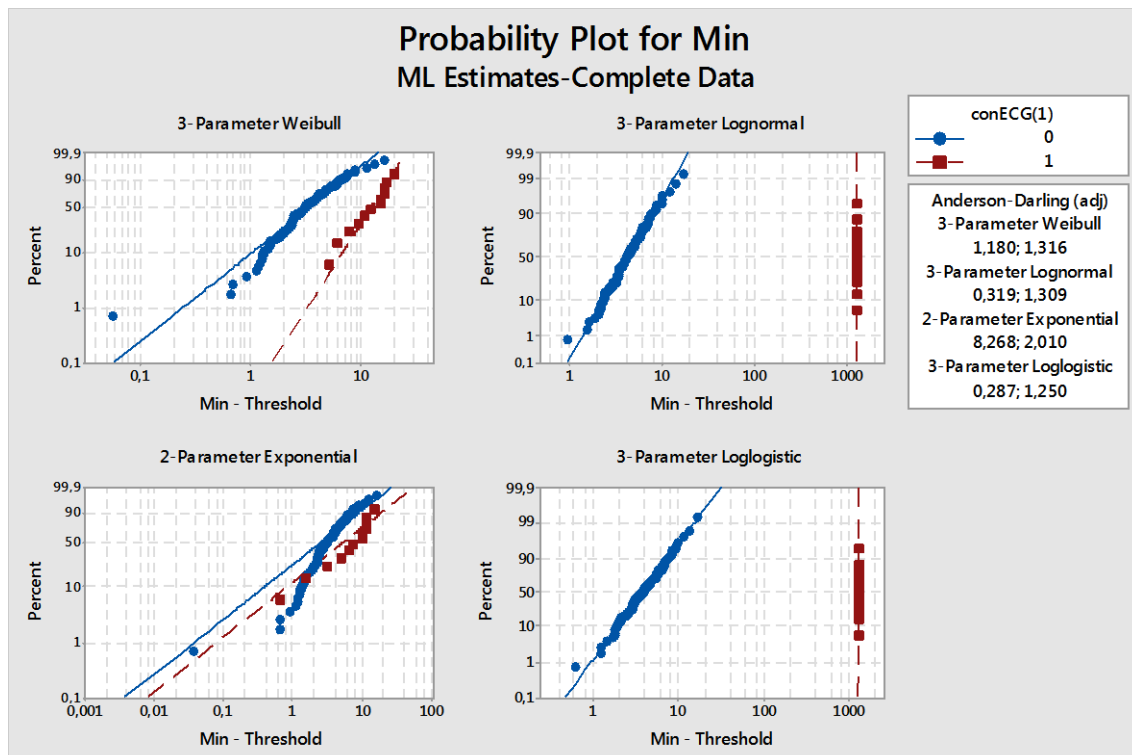
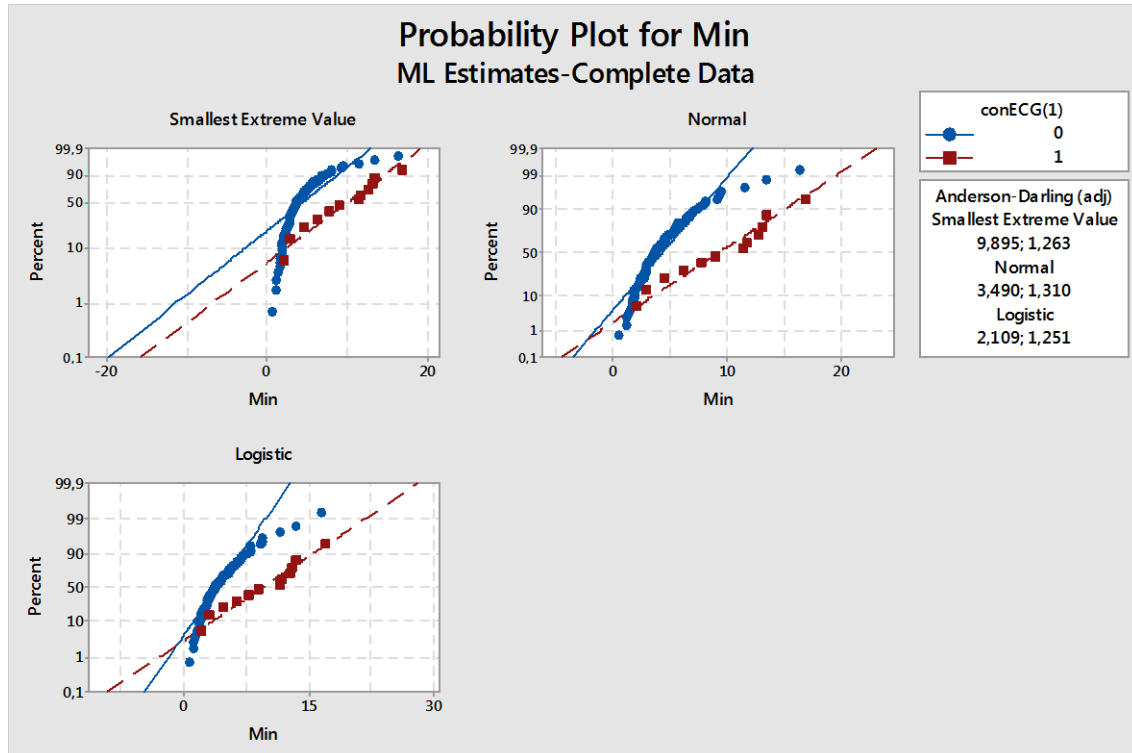
FECHA\_ALTA: fecha en la que el paciente abandona el servicio de urgencias.

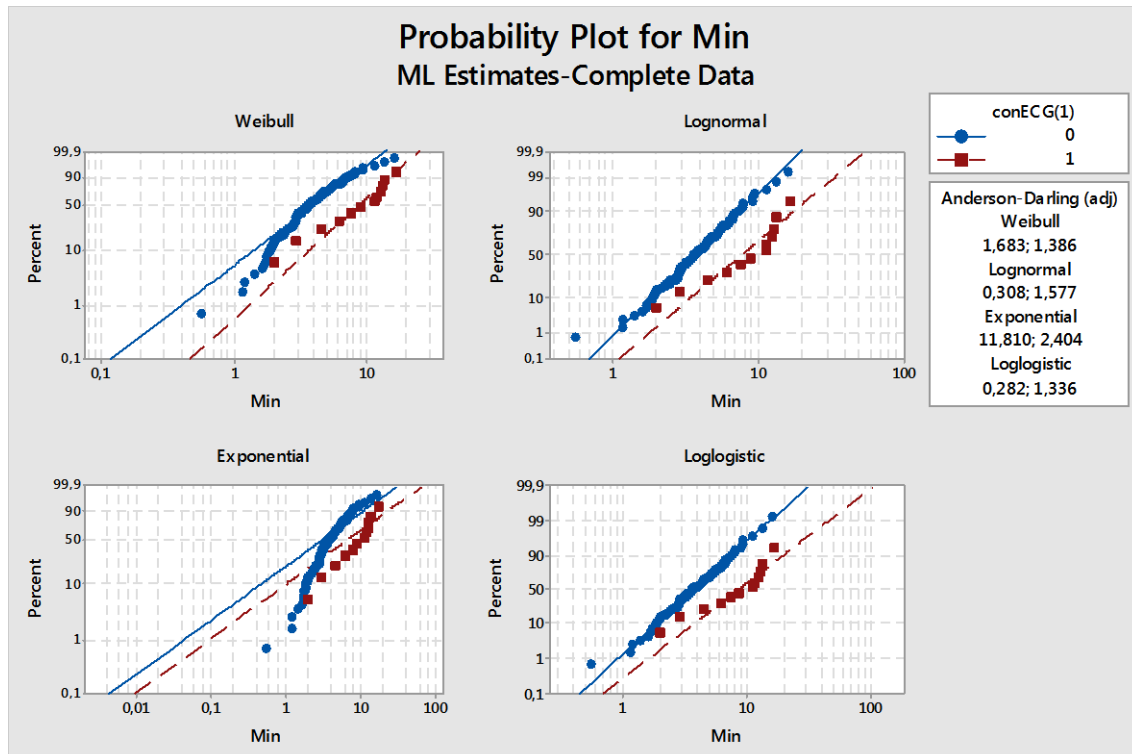
HORA\_ALTA: hora en la que el paciente abandona el servicio de urgencias.

## **ANEXO 4. Análisis de datos recogidos en triaje.**

## 1. ANÁLISIS DE DATOS RECOGIDOS EN TRIAJE 1, 2 (AMBULANTES)

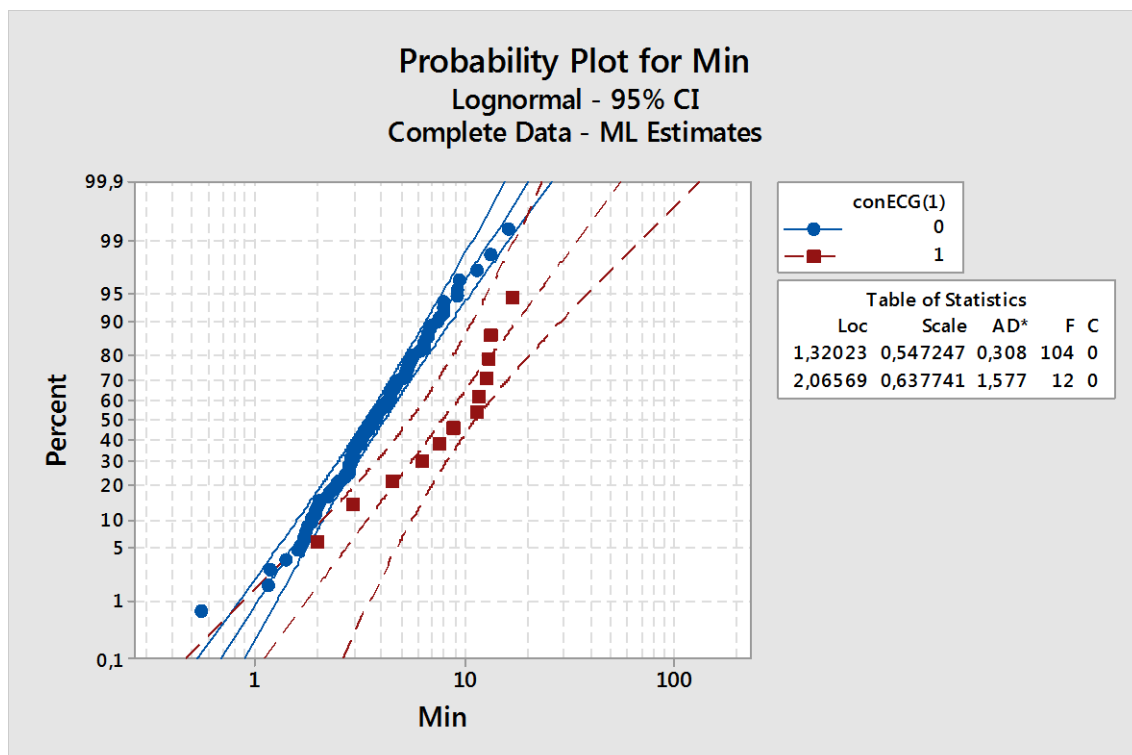
En primer lugar se procede a la diferenciación de los dos tipos de triaje diferenciados en el modelo simulación, triaje con ECG (1), triaje sin ECG (0).





Aparentemente, y de acuerdo con el parámetro AD, la distribución LogNormal es la que más se asemeja a la distribución de los datos tomados en campo. Sin embargo, se aprecia claramente la diferencia entre distribuciones de tiempo de triaje para pacientes a los que se les realiza ECG en triaje y los pacientes a los que no se les realiza ECG en triaje.

A continuación comprobamos numéricamente la diferencia entre ambas distribuciones.





## Distribution Analysis: Min by conECG(1)

Test for Equal Scale and Location Parameters

Chi-Square	DF	P
15,6161	2	0,000

Test for Equal Scale Parameters

Chi-Square	DF	P
0,503910	1	0,478

Test for Equal Location Parameters

Chi-Square	DF	P
15,1122	1	0,000

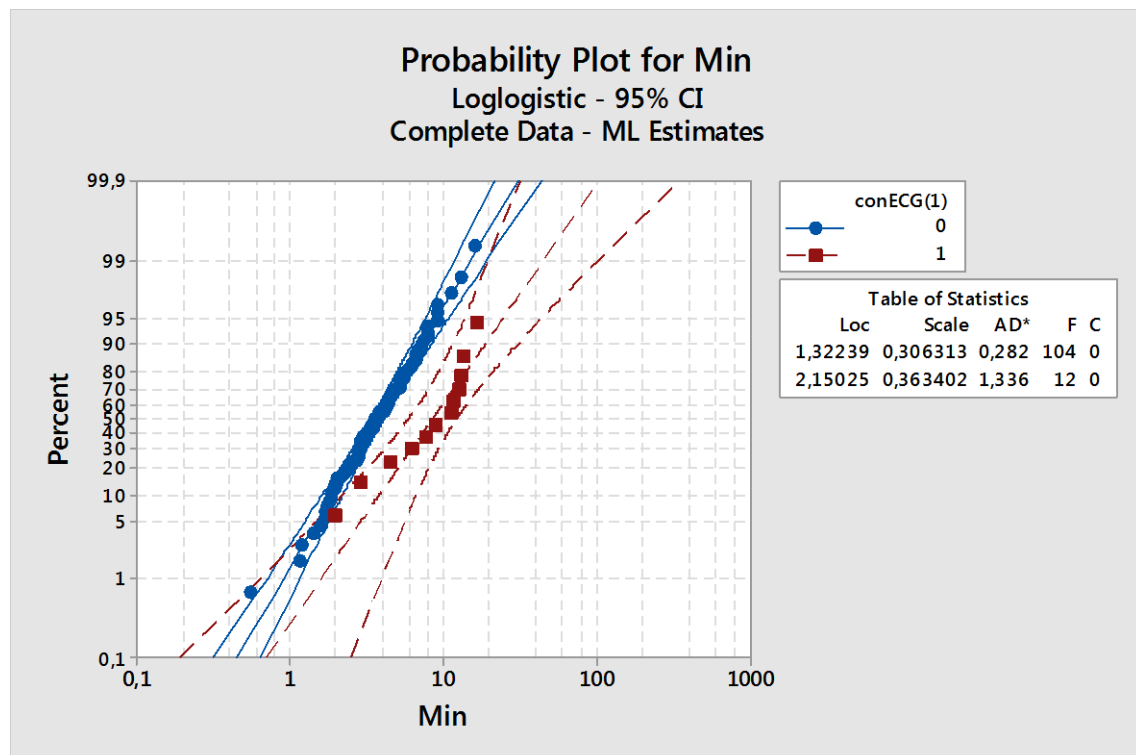
Bonferroni 95,0% (indiv 97,50%) Simultaneous CI

Scale parameter for Min by conECG(1) = 0 divided into:

conECG(1)	Lower	Estimate	Upper	
1	0,7188	1,165	1,889	(-----+-----+-----+-----)
				(-----*-----)
				(-----+-----+-----+-----)
				1,05      1,40      1,75

Location parameter for Min by conECG(1) = 0 subtracted from:

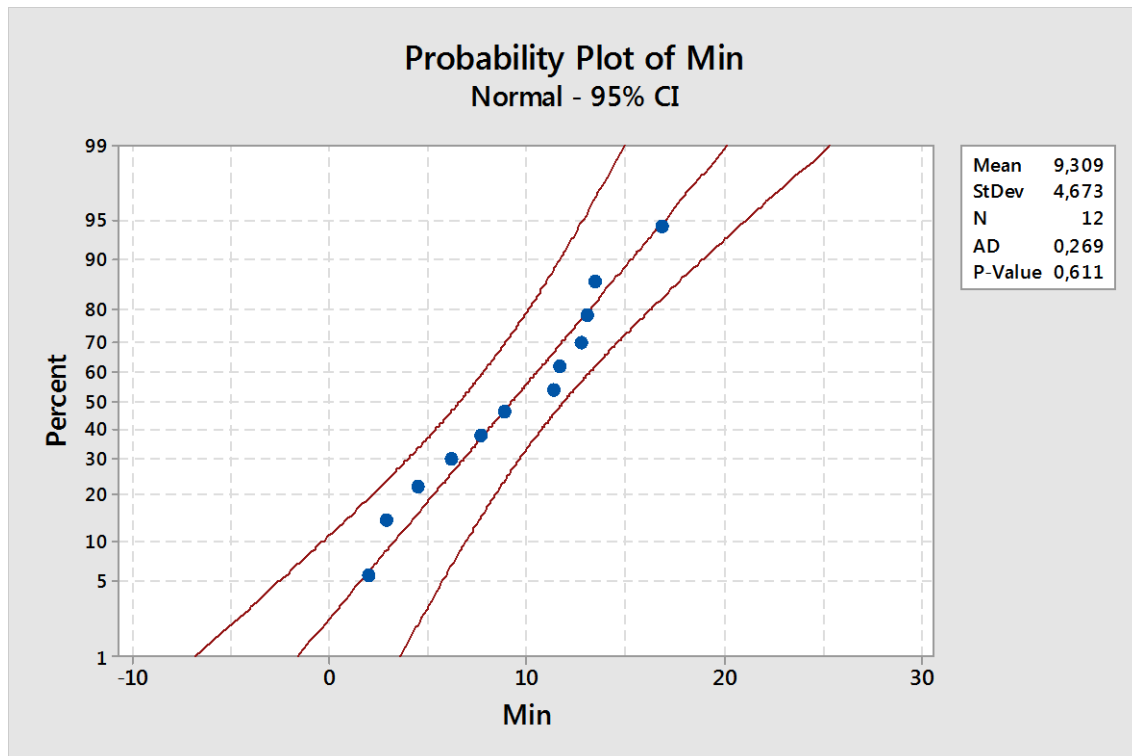
conECG(1)	Lower	Estimate	Upper	
1	0,3156	0,7455	1,175	(-----+-----+-----+-----)
				(-----*-----)
				(-----+-----+-----+-----)
				0,50      0,75      1,00



Los p-valores de los estadísticos de contraste demuestran los diferentes parámetros de escala y localización de las distribuciones que siguen los datos asociados a los dos tipos de triaje.

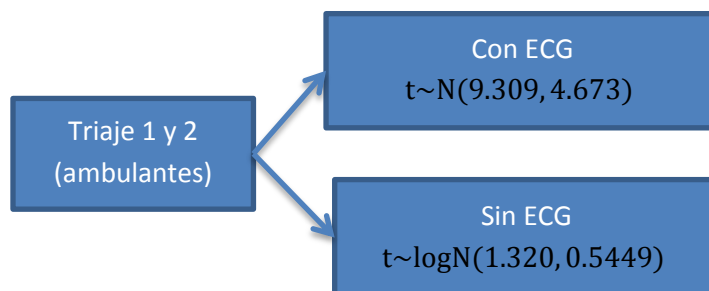
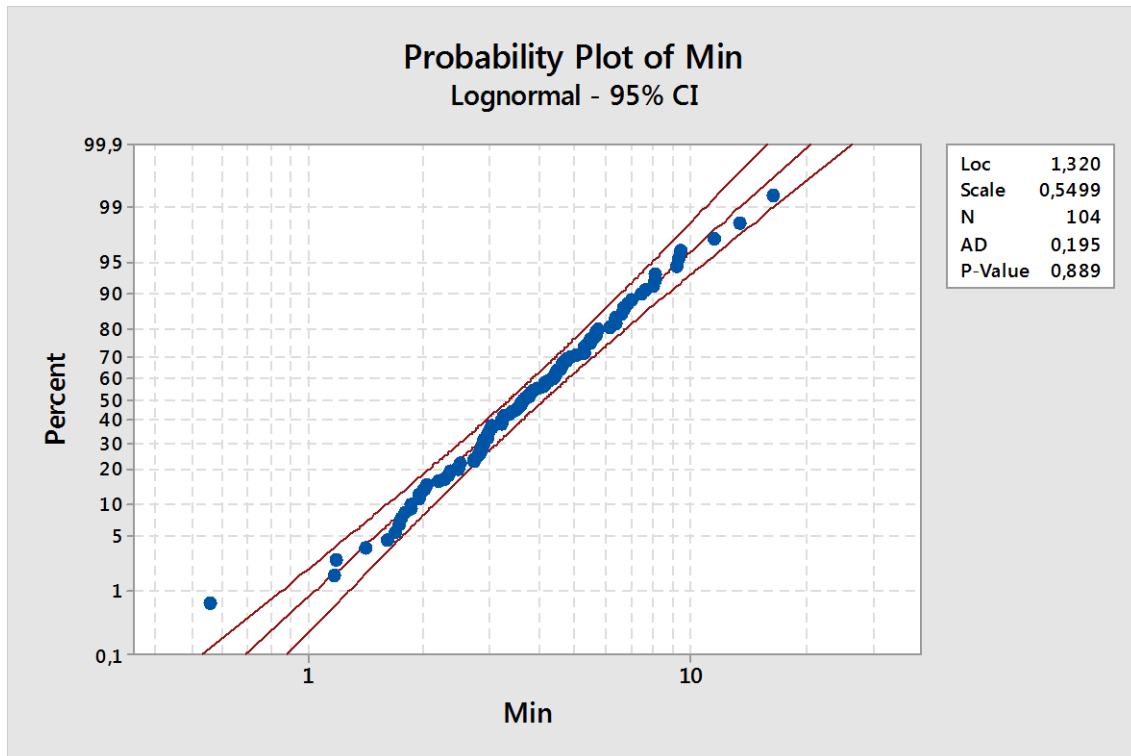
## TRIAJE AMBULANTE CON ECG

La distribución de tiempos de duración de triaje de ambulantes a los que se les realiza ECG sigue una distribución normal de media 9,309 y desviación estándar 4,673 tal y como confirma el p-valor de  $0,611 > 0,05$ .



## TRIAJE AMBULANTE SIN ECG

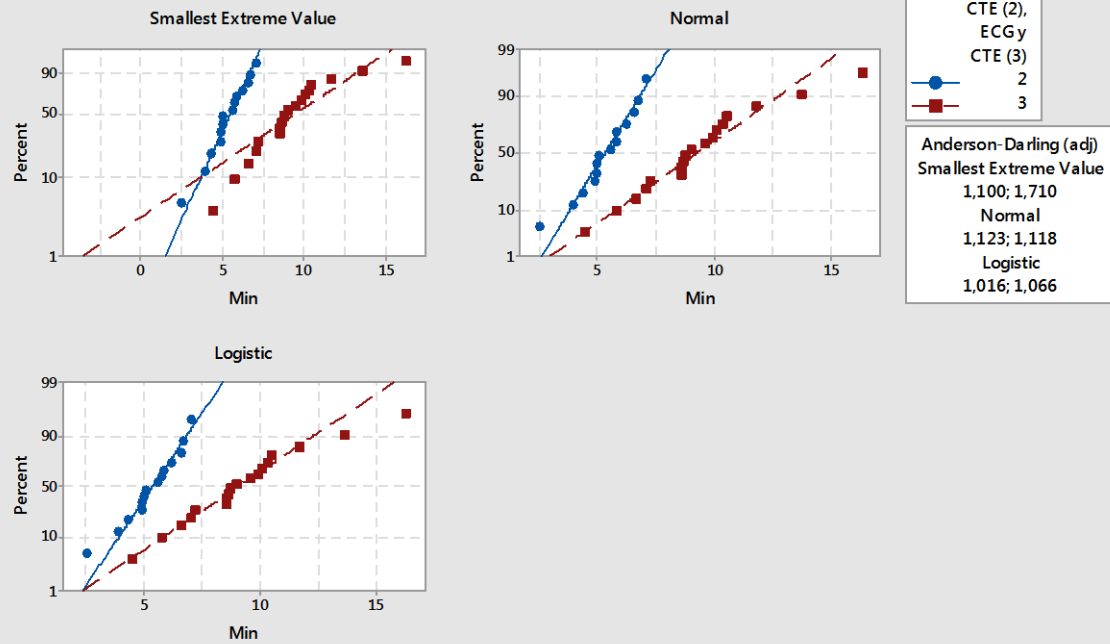
La distribución de tiempos de duración de triaje de ambulantes a los que se les realiza ECG sigue una distribución LogNormal de parámetro de localización 1,320 y desviación estándar 0,5499 tal y como confirma el p-valor de  $0,889 > 0,05$ .



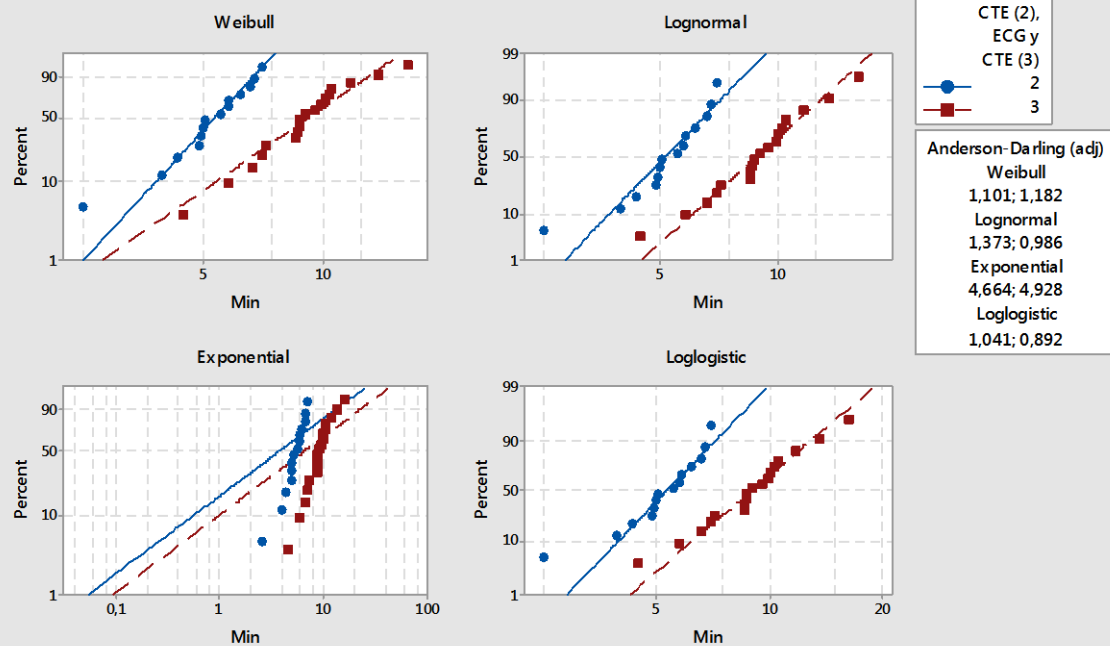
## 2. ANÁLISIS DE DATOS RECOGIDOS EN TRIAJE 3, 4 (AMBULANCIAS)

En primer lugar se procede a la diferenciación de los dos tipos de triaje diferenciados en el modelo simulación, triaje con ECG (3), triaje sin ECG (2), ya que en todos los casos se produce recogida de constantes en este triaje.

## Probability Plot for Min ML Estimates-Complete Data

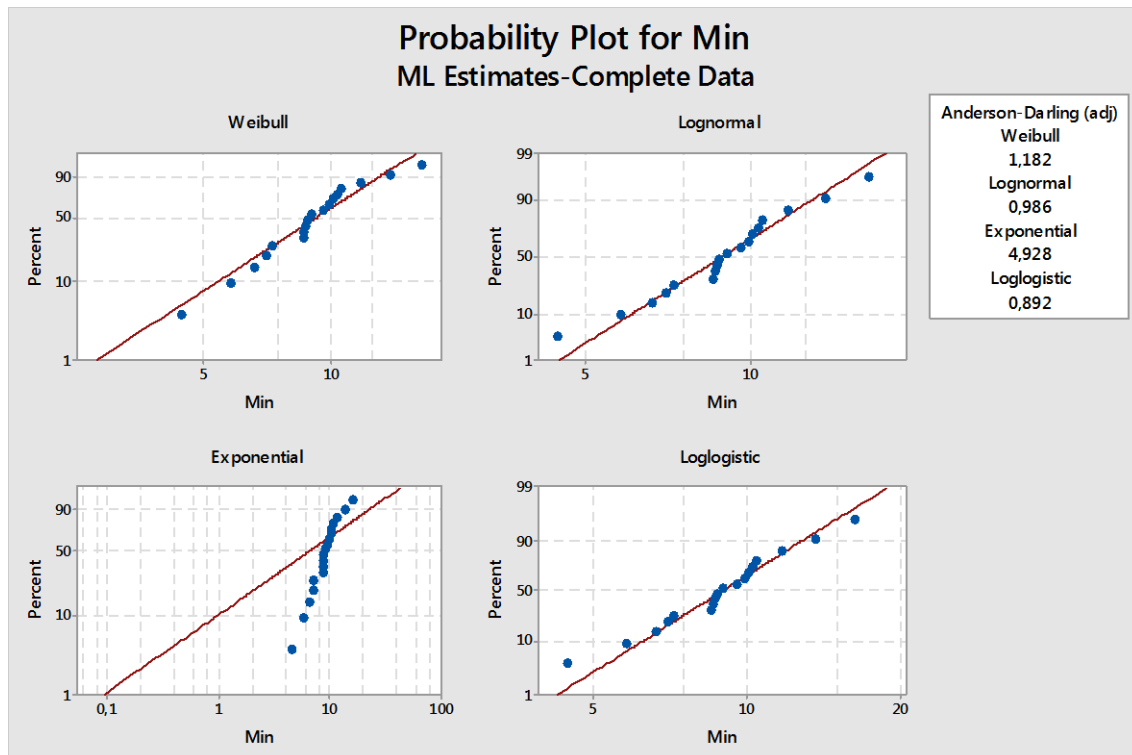


## Probability Plot for Min ML Estimates-Complete Data

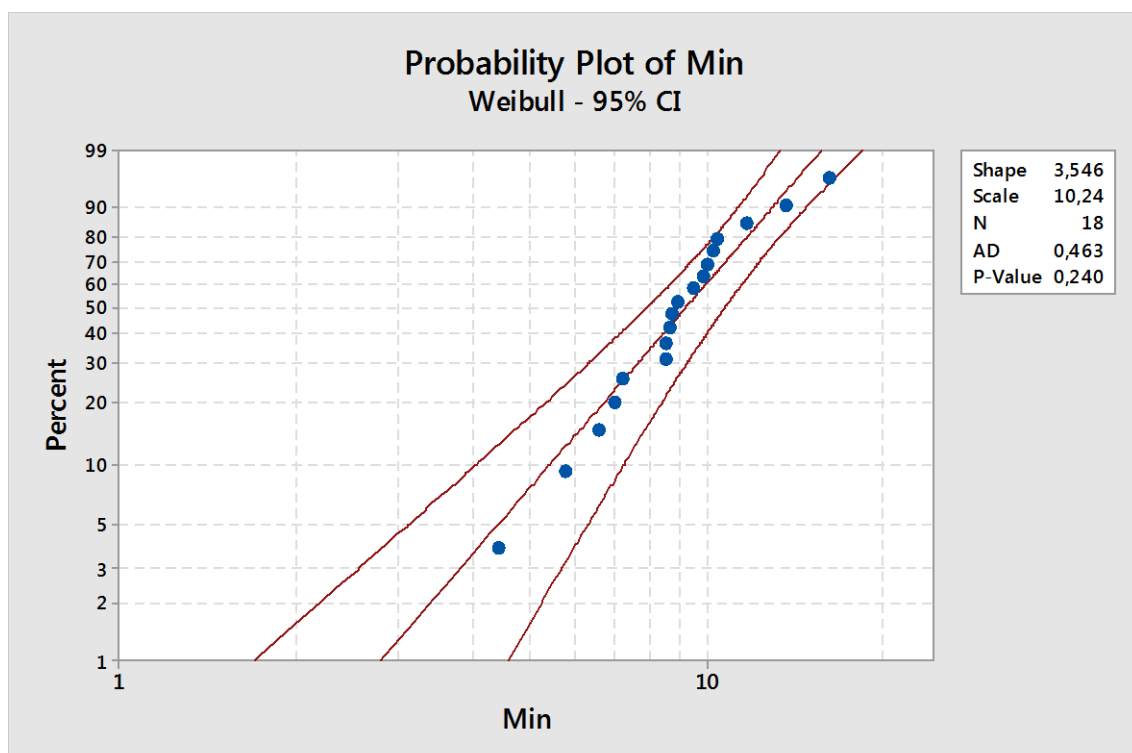


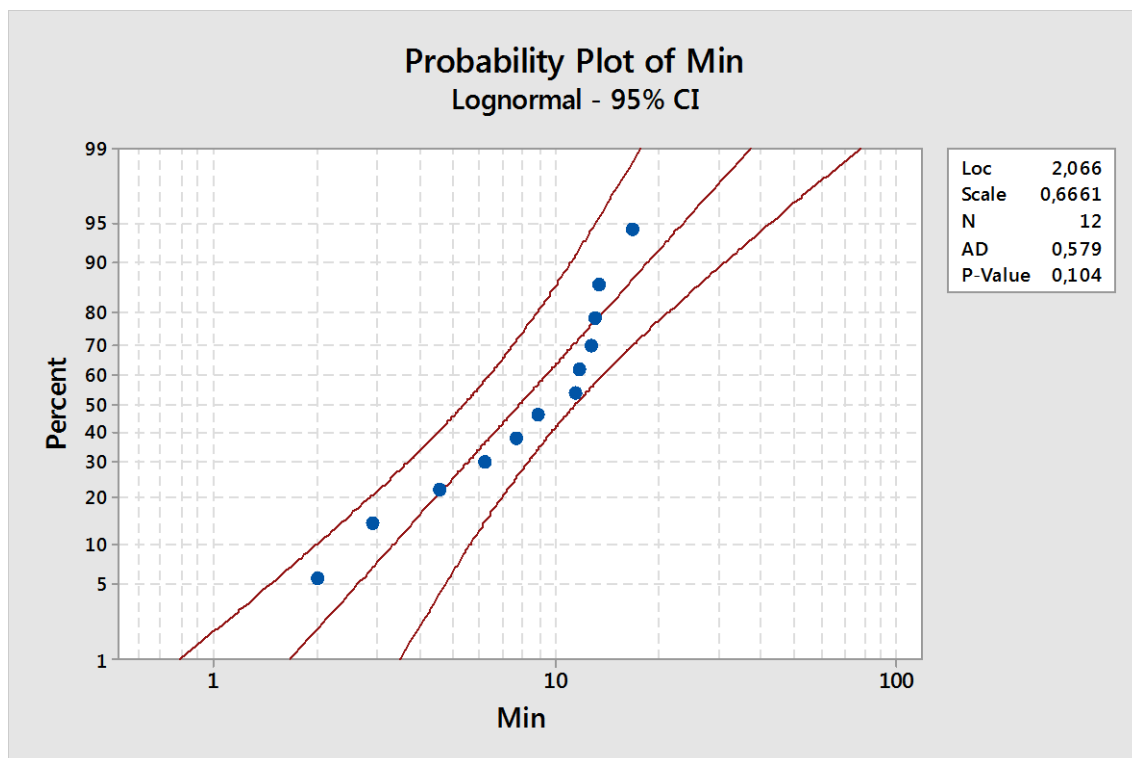
Observando las gráficas se aprecia que la distribución de tiempo para cada tipo de triaje es diferente. A continuación procedemos al ajuste de cada uno de ellos por separado.

## TRIAJE AMBULANCIAS CON ECG

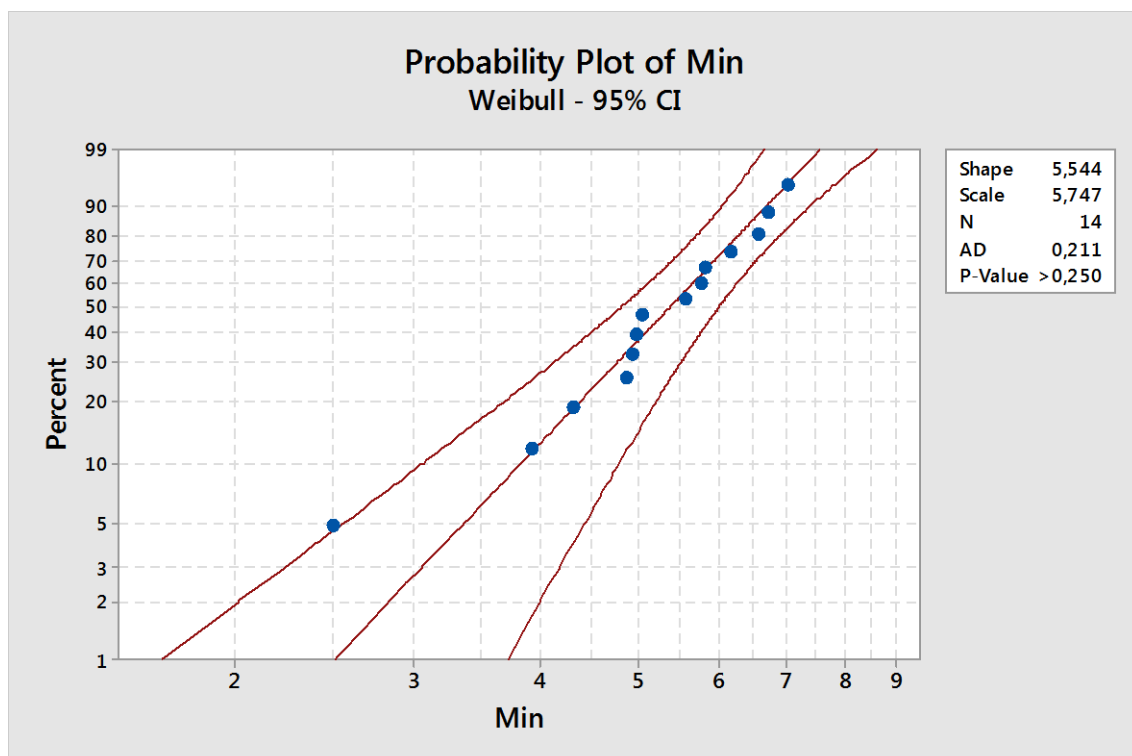


Las distribuciones Weibull y Lognormal son las que menos se alejan de los datos de acuerdo con el parámetro AD, por ellos se realiza los contrastes de hipótesis para el ajuste ambas distribuciones, en el que se obtiene, que la distribución Weibull se ajusta mejor a los datos tomas.

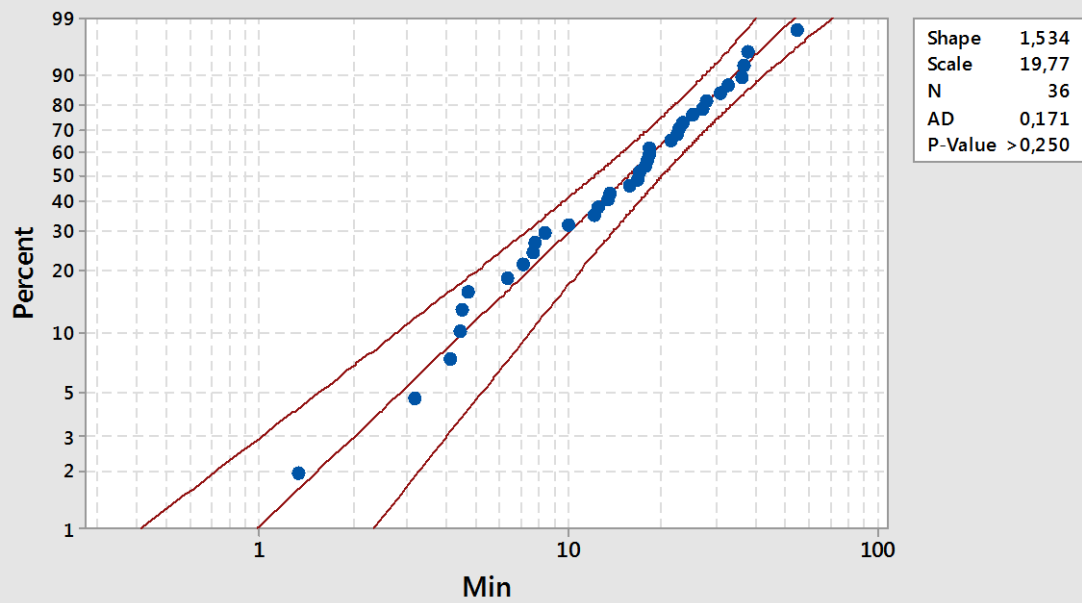




## TRIAJE AMBULANCIAS SIN ECG



Probability Plot of Min  
Weibull - 95% CI



Probability Plot of Min  
Lognormal - 95% CI

